

DIAGNÓSTICO SOBRE GESTIÓN DE EMISIONES EN EL CORREDOR
INDUSTRIAL DEL DEPARTAMENTO DE BOYACÁ.

KAREN DAYANA ASTROS RUBIANO



UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA AMBIENTAL
TUNJA
2023

DIAGNÓSTICO SOBRE GESTIÓN DE EMISIONES EN EL CORREDOR
INDUSTRIAL DEL DEPARTAMENTO DE BOYACÁ.

KAREN DAYANA ASTROS RUBIANO

Trabajo de grado en la modalidad práctica con proyección empresarial o social
para optar al título de Ingeniero Ambiental

Director (a)

Dalia Soraya Useche de Vega

Doctora en Agroecología

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

TUNJA

2023

Nota de aceptación:

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Tunja, fecha (día, mes, año)

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia por haberme permitido desarrollar este arduo proceso de aprendizaje. A la Facultad de Ingeniería, a la Escuela de Ingeniería Ambiental y a su planta docente por la excelente labor formativa y educativa desarrollada durante este tiempo. A la doctora Dalia Useche y al ingeniero especialista Cesar Rene Blanco, por su constante colaboración, orientación, instrucción en diferentes áreas del conocimiento y consejos brindados.

De igual forma quiero agradecer a la Gobernación de Boyacá, en especial a la Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, en donde surgió la propuesta de desarrollo de este proyecto. Agradezco a cada uno de sus integrantes por los diferentes aportes realizados; a la ingeniera especialista Paola Ortiz Parra directora del proyecto por su constante apoyo, orientación e interés además de facilitar los medios para su ejecución, así como la revisión y corrección de avances. Al biólogo Felipe Barragán, quien apoyo en a la consecución de la información necesaria para el desarrollo del proyecto.

Agradezco a mi madre y padre por haber sido la voz de aliento y motor en el desarrollo de este proceso. A mis hermanas, por ser fieles escuderas y consejeras, y a mis compañeras de universidad por su interés y apoyo.

CONTENIDO

1	CAPITULO I. GENERALIDADES	13
1.1	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	13
1.2	JUSTIFICACION	14
1.3	OBJETIVOS.....	15
1.3.1	<i>Objetivo General</i>	15
1.3.2	<i>Objetivos Específicos</i>	15
1.4	MARCO DE REFERENCIA	15
1.4.1	<i>Marco Teórico Conceptual</i>	15
1.4.2	<i>Estado Del Arte</i>	24
1.4.3	<i>Marco Espacial</i>	27
1.4.4	<i>Marco Normativo</i>	28
1.5	METODOLOGÍA EMPLEADA.....	31
1.5.1	<i>Recolección de Información</i>	31
1.5.2	<i>Organización y análisis de información</i>	32
1.5.3	<i>Formulación del Diagnóstico</i>	32
2	CAPITULO II. TEJIDO EMPRESARIAL DEL CORREDOR INDUSTRIAL DE BOYACA	33
2.1	TEJIDO EMPRESARIAL INDUSTRIAL DE VENTAQUEMADA	33
2.1.1	<i>Caracterización por sector económico</i>	33
2.1.2	<i>Cuantificación sector industrial</i>	34
2.2	TEJIDO EMPRESARIAL INDUSTRIAL DE SAMACA	35
2.2.1	<i>Caracterización por sector económico</i>	36
2.2.2	<i>Cuantificación sector industrial</i>	37
2.3	TEJIDO EMPRESARIAL INDUSTRIAL DE TUNJA.....	38
2.3.1	<i>Caracterización por sector económico</i>	39
2.3.2	<i>Cuantificación sector industrial</i>	40
2.4	TEJIDO EMPRESARIAL INDUSTRIAL DE COMBITA.....	41
2.4.1	<i>Caracterización por sector económico</i>	42
2.4.2	<i>Cuantificación sector industrial</i>	42

2.5	TEJIDO EMPRESARIAL INDUSTRIAL DE OICATÁ.....	43
2.6	TEJIDO EMPRESARIAL INDUSTRIAL DE TUTA.....	44
2.6.1	<i>Caracterización por sector económico.....</i>	44
2.6.2	<i>Cuantificación sector industrial.....</i>	45
2.7	TEJIDO EMPRESARIAL INDUSTRIAL DE SOTAQUIRA.....	46
2.7.1	<i>Caracterización por sector económico.....</i>	46
2.7.2	<i>Cuantificación sector industrial.....</i>	47
2.8	TEJIDO EMPRESARIAL INDUSTRIAL DE PAIPA.....	48
2.8.1	<i>Caracterización por sector económico.....</i>	48
2.8.2	<i>Cuantificación sector industrial.....</i>	49
2.9	TEJIDO EMPRESARIAL INDUSTRIAL DE DUITAMA.....	50
2.9.1	<i>Caracterización por sector económico.....</i>	51
2.9.2	<i>Cuantificación sector industrial.....</i>	51
2.10	TEJIDO EMPRESARIAL INDUSTRIAL DE TIBASOSA.....	52
2.10.1	<i>Caracterización por sector económico.....</i>	52
2.10.2	<i>Cuantificación sector industrial.....</i>	53
2.11	TEJIDO EMPRESARIAL INDUSTRIAL DE NOBSA.....	54
2.11.1	<i>Caracterización por sector económico.....</i>	55
2.11.2	<i>Cuantificación sector industrial.....</i>	55
2.12	TEJIDO EMPRESARIAL INDUSTRIAL DE SOGAMOSO.....	56
2.12.1	<i>Caracterización por sector económico.....</i>	56
2.12.2	<i>Cuantificación sector industrial.....</i>	57
3	CAPITULO III. DIAGNÓSTICO GESTIÓN DE EMISIONES EN EL CORREDOR INDUSTRIAL DE BOYACÁ.....	59
3.1	CUANTIFICACIÓN PERMISOS POR MUNICIPIO.....	59
3.2	CUANTIFICACION POR ACTIVIDAD INDUSTRIAL.....	62
3.3	ANÁLISIS DE CONTAMINANTES SEGÚN ACTIVIDAD INDUSTRIAL.....	64
3.3.1	<i>Producción de Coque:.....</i>	64
3.3.2	<i>Fabricación derivados de la arcilla.....</i>	66
3.3.3	<i>Acopio, molienda y trituración de carbón, minerales, piedra caliza y roca fosfórica.....</i>	67

3.3.4	<i>Mezcla asfáltica</i>	68
3.3.5	<i>Siderurgia</i>	69
3.3.6	<i>Hornos de cremación</i>	70
3.3.7	<i>Producción de energía</i>	71
3.4	SISTEMAS DE CONTROL DE EMISIONES.....	72
3.5	TECNOLOGÍAS LIMPIAS.....	75
3.6	COMPENSACION AMBIENTAL.....	75
	<i>Hitos Principales de la Asociación</i>	78
4	CONCLUSIONES.....	79
5	RECOMENDACIONES.....	82
6	Bibliografía.....	84

LISTA DE TABLAS

	Pág.
<i>Tabla 1. Legislación y políticas sobre cambio climático y control de emisiones en Colombia</i>	28
<i>Tabla 2: Tejido empresarial Ventaquemada por actividad económica</i>	34
<i>Tabla 3: Sector Industrial Ventaquemada por unidad empresarial.....</i>	35
<i>Tabla 4: Tejido empresarial Samacá por actividad económica</i>	37
<i>Tabla 5: Sector Industrial Samacá por unidad empresarial.....</i>	38
<i>Tabla 6: Tejido empresarial Tunja por actividad económica</i>	39
<i>Tabla 7: Sector Industrial Tunja por unidad empresarial.....</i>	40
<i>Tabla 8: Tejido empresarial Combita por actividad económica</i>	42
<i>Tabla 9: Tejido empresarial Tuta por actividad económica</i>	44
<i>Tabla 10: Sector Industrial Tuta por unidad empresarial.....</i>	45
<i>Tabla 11: Tejido empresarial Sotaquirá por actividad económica</i>	47
<i>Tabla 12: Sector Industrial Sotaquirá por unidad empresarial.....</i>	47
<i>Tabla 13: Tejido empresarial Paipa por actividad económica</i>	48
<i>Tabla 14: Sector Industrial Paipa por unidad empresarial.....</i>	49
<i>Tabla 15: Tejido empresarial Duitama por actividad económica</i>	51
<i>Tabla 16: Sector Industrial Paipa por unidad empresarial.....</i>	51
<i>Tabla 17: Tejido empresarial Tibasosa por actividad económica.....</i>	53
<i>Tabla 18: Sector Industrial Tibasosa por unidad empresarial</i>	54
<i>Tabla 19: Tejido empresarial Nobsa por actividad económica</i>	55
<i>Tabla 20: Sector Industrial Nobsa por unidad empresarial</i>	56
<i>Tabla 21: Tejido empresarial Sogamoso por actividad económica</i>	57
<i>Tabla 22: Sector Industrial Sogamoso por unidad empresarial.....</i>	58
<i>Tabla 23: Número de Permisos en el corredor industrial</i>	59
<i>Tabla 24: Número de Permisos por municipio</i>	60
<i>Tabla 25: Numero de Permisos por municipio</i>	61
<i>Tabla 26: Numero de Permisos por municipio</i>	61

<i>Tabla 27: Numero de Permisos por municipio</i>	<i>62</i>
<i>Tabla 28: Numero de permisos por actividad industrial</i>	<i>63</i>
<i>Tabla 29: Valores encontrados según contaminante</i>	<i>70</i>
<i>Tabla 30: Valores encontrados según contaminante</i>	<i>71</i>

LISTA DE GRAFICAS

	Pág.
<i>Gráfica 1: Clasificación tejido empresarial por sector económico Ventaquemada</i>	34
<i>Gráfica 2: Clasificación tejido empresarial por sector económico Samacá</i>	36
<i>Gráfica 3: Clasificación tejido empresarial por sector económico Tunja</i>	39
<i>Gráfica 4: Tejido empresarial Combita por actividad económica</i>	42
<i>Gráfica 5: Tejido empresarial Tuta por actividad económica</i>	44
<i>Gráfica 6: Caracterización empresarial según tamaño.....</i>	46
<i>Gráfica 7: Caracterización empresarial según tamaño.....</i>	50
<i>Gráfica 8 : Principales Municipios del Corredor en poseer PEAFF.....</i>	60
<i>Gráfica 9: Caracterización empresarial según tamaño</i>	63
<i>Gráfica 10: Valores promedios y máximos según contaminante.....</i>	64
<i>Gráfica 11: Valores promedios y máximos según contaminante.....</i>	66
<i>Gráfica 12: Valores promedios y máximos según contaminante.....</i>	68
<i>Gráfica 13 Valores promedios y máximos según contaminante.....</i>	68
<i>Gráfica 14: Valores promedios y máximos según contaminante.....</i>	69
<i>Gráfica 15: Porcentajes resultados de sistemas de control implementados</i>	73

INTRODUCCIÓN

El recurso aire cumple una función ecosistémica de gran importancia para los seres vivos al aportar diversas sustancias necesarias para el desarrollo de los procesos biológicos de fotosíntesis y respiración; la proporción de los gases que lo componen se mantiene gracias al desarrollo de procesos cíclicos regenerativos, llevados a cabo entre los factores bióticos y abióticos que componen el ambiente (IDEAM; 2016). Si bien, hay una regeneración constante de gases en la atmosfera, lo cual hace pensar que aire es un recurso inagotable, el desarrollo de diversas actividades humanas, altera su composición y afecta su calidad.

La contaminación atmosférica es un fenómeno que afecta negativamente la salud y el bienestar humano, su generación se relaciona con los efectos de las emisiones contaminantes a la atmósfera, provenientes de fuentes de diferentes clases y orígenes, las cuales son causadas por la actividad humana; entre éstas se destacan las fuentes fijas asociadas principalmente a los procesos industriales y de manufactura, las cuales emiten diariamente grandes concentraciones de Gases de Efecto Invernadero – GEI representando una amenaza latente para las personas, los ecosistemas y demás componentes que integran el territorio.

Colombia es un país altamente vulnerable a esta contaminación, pues cuenta con alta presencia de actividad industrial en cada uno de sus departamentos; Boyacá por su parte es característico por corredores industriales como el del Valle de Sogamoso, en donde se desarrollan actividades de extracción de minerales y manufactura, así como producción de energía, , de cerámica y de coque metalúrgico, las cuales contribuyen con emisiones diarias de gases contaminantes y material particulado a la atmosfera, es por esta razón que se desarrolla el presente trabajo, cuyo objetivo es presentar un diagnóstico base sobre las emisiones del corredor industrial de Boyacá.

A través de este trabajo, se establecen elementos necesarios para identificar la situación actual del corredor, cuantificar el número de industrias presentes y realizar un análisis comparativo del número de industrias frente al número de Permisos de Emisiones Atmosféricas para Fuentes Fijas PEAFF emitidos por la autoridad ambiental como método de control de emisiones; el proyecto se lleva a cabo siguiendo una metodología descriptiva en donde se recopila, organiza, depura y analiza la información secundaria disponible, para finalmente presentar como resultado un diagnóstico base de las emisiones del corredor industrial de Boyacá, así como algunas observaciones sobre el mismo.

Este trabajo de grado surge en el marco del convenio para el desarrollo de prácticas con proyección empresarial, suscrito entre la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia y la Gobernación de Boyacá a través de su Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sostenible; la realización del presente, tuvo lugar en el municipio de Tunja, gracias al acompañamiento y orientación de especialistas de la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sostenible de la Gobernación de Boyacá y agentes externos del programa “Camino Hacia Carbono Neutral”. Las Alcaldías Municipales del corredor industrial junto con las Cámaras de Comercio de Tunja, Duitama y Sogamoso proporcionaron información base para el desarrollo del mismo y la Gobernación de Boyacá, brindó asesoramiento continuo durante el desarrollo del presente; también se contó con la colaboración de la Corporación Autónoma Regional de Boyacá - CORPOBOYACÁ, donde permitieron el acceso a expedientes y proporcionaron información de alta importancia para el presente trabajo.

El desarrollo de este trabajo marca un indicio para la formulación de herramientas de gestión de emisiones a escala municipal en el departamento de Boyacá, mediante el desarrollo de proyectos como la Estrategia Climática de Largo Plazo conocida como E2050, presentando como aporte, además de los datos obtenidos, un importante estudio piloto de base en la adecuación de la metodología Hoja de Ruta del gobierno nacional y adopción de medidas para mitigar los impactos de estas emisiones y prevenir efectos adversos.

1 CAPITULO I. GENERALIDADES

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El uso de combustibles fósiles como el petróleo, el carbón y los hidrocarburos han sido base para la generación de energía en los últimos siglos, los seres humanos han adaptado una forma de vida en donde las actividades para suministrar medios y servicios, dependen de la quema de dichos combustibles; en Colombia en las últimas décadas el cambio climático ha empeorado debido a factores como el aumento en las emisiones de GEI (Gases de Efecto Invernadero) causadas por actividades humanas, pues dentro de ellas, los sectores del transporte y la industria juegan un rol importante; dado que son los principales generadores de gases contaminantes que se dispersan hacia la atmósfera.

Estos gases se componen principalmente por material particulado, dióxido de azufre, óxido de nitrógeno, carbono y ozono (OMS, 2005), y generan efectos devastadores como pérdidas del área glacial y áreas costeras, desplazamiento y extremas sequías o lluvias torrenciales, dentro de los problemas principales de la contaminación generada por las industrias se encuentran las afectaciones en la salud pública; como enfermedades respiratorias por la mala calidad del aire (Universidad Nacional de Colombia, 2018).

Según estudios adelantados por el IDEAM (2016) Boyacá, es uno de los departamentos más contaminados del país, debido a las actividades industriales presentes en la zona, especialmente a poblaciones situadas cerca de corredores industriales como lo es el Valle de Sogamoso, es por esto que la Gobernación de Boyacá ha contribuido al desarrollo de proyectos como la Estrategia Climática de Largo Plazo conocida como E2050 o Trayectoria de descarbonización, la cual tiene como fin reducir las emisiones contaminantes y evitar un aumento de temperatura de más de 1.5°C.

Teniendo en cuenta la problemática descrita y atendiendo a la necesidad de proyectos como la E2050 para el sector industrial frente a la generación de emisiones de GEI, con el presente trabajo se busca dar respuesta a la siguiente pregunta ¿Cuál es la situación actual del corredor industrial de Boyacá frente a la generación de emisiones de gases de efecto invernadero, y sus métodos de control y compensación ambiental?

1.2 JUSTIFICACION

El bienestar de la población Boyacense es un deber del Estado, la contaminación atmosférica generada en el corredor industrial del departamento de Boyacá ha sido uno de los factores predominantes del cambio climático (Corpoboyacá, 2009), los municipios dentro del Valle de Sogamoso donde se desarrollan actividades económicas como la explotación de minas de caliza, arcillas, carbón, mármol, y manufactura de las mismas, además de actividades comerciales, han generado efectos negativos sobre la salud y el ambiente; por ello es de gran importancia realizar estudios que permitan observar y conocer el estado de la calidad del aire, además de programas y estrategias para afrontar los efectos adversos del cambio climático.

La Gobernación de Boyacá, desde el año 2021, hace parte de la Estrategia Climática de Largo Plazo conocida como E2050 para los sectores de energía y transporte del departamento, en la cual a través de un marco de trayectorias de descarbonización, se busca planear el camino para una reducción de emisiones de gases de efecto invernadero; en esta estrategia se prioriza la agricultura regenerativa, la autogeneración de energías renovables como la fotovoltaica y en el sector de transporte, un sistema público de cero emisiones impulsando estándares de combustible EURO VI en sus flotas de vehículos (Catálogo de acciones de descarbonización en los sectores de energía y transporte de Colombia, 2021).

Actualmente se busca implementar esta estrategia para el sector industrial del departamento, por lo que el presente trabajo contribuirá al desarrollo de esta iniciativa, como diagnóstico base sobre emisiones de las empresas industriales del corredor, logrando una visión clara del sector para el marco del proyecto E2050, el cual podrá identificar acciones prioritarias con el mayor potencial para transformar las industrias; minimizando emisiones y generando nuevos empleos, así como mejoras en la calidad de vida de las personas, en el aire, la salud y en la resiliencia de los ecosistemas.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo General

Presentar un diagnóstico base sobre las emisiones del corredor industrial del Valle de Sogamoso en el departamento de Boyacá.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Recolectar y categorizar información de empresas pertenecientes al corredor industrial de Boyacá con registros de emisiones de GEI debido a su actividad industrial
- Organizar y analizar la información acerca del seguimiento realizado por la autoridad ambiental a las empresas que generan emisiones en el corredor industrial recolectando datos de concentraciones de contaminantes atmosféricos reportadas, sistemas de control, gestión y compensación de emisiones.
- Formular el diagnóstico base sobre emisiones con la información recolectada

1.4 MARCO DE REFERENCIA

1.4.1 Marco Teórico Conceptual

- **Clima**

Clima se define como la “descripción estadística en términos de la media y la variabilidad de las cantidades relevantes de ciertas variables, como temperatura, precipitación o viento, a lo largo de un período de tiempo que varía desde meses a miles o millones de años” (Organización Meteorológica Mundial, 2018). Una definición más general del clima es que “representa el comportamiento a largo plazo del sistema climático interactivo” (KRESIC Neven, 2009).

El clima de la tierra ha cambiado a través del tiempo, durante la existencia se han registrado cuatro transiciones marcadas por un descenso y aumento de la temperatura global; actualmente, se sabe que la variación del clima es debida a factores principalmente de origen antropogénico como la quema de combustibles fósiles y la deforestación, pero también de origen natural como las erupciones volcánicas.

- **Variabilidad Climática**

“Denota las variaciones del estado medio y otras características estadísticas (desviación típica, sucesos extremos, etc.) del clima en todas las escalas espaciales y temporales más amplias que las de los fenómenos meteorológicos” (IPCC, s.f.)

- **Cambio Climático**

De acuerdo con el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático IPCC (por sus siglas en ingles), el cambio climático es una importante variación estadística en el estado medio del clima o en su variabilidad, que persiste durante un período prolongado y que puede deberse a procesos naturales internos o externos, o bien a cambios persistentes antropogénicos en la composición de la atmósfera o en el uso de las tierras (IPCC, 2014.). El cambio climático antropogénico es el resultado de desequilibrios energéticos, ecológicos y sociales provocados por los avances tecnológicos de la actualidad, el excesivo aumento de gases de efecto invernadero por quema de combustibles fósiles, la producción agropecuaria, el cambio de uso del suelo y la gestión de residuos, entre otros (Ibárcena Mariana y Scheelje Jose,2003).

- **Efecto Invernadero**

El efecto invernadero es el proceso por el cual “la atmósfera admite luz visible del sol, pero atrapa el calor irradiado desde la superficie de la Tierra” (Vanek, Louis y Largus, 2012); es un mecanismo climático natural que tiene su origen en la absorción de radiación infrarroja por algunos componentes de la atmósfera, conocidos como gases efecto invernadero (GEI). Se conocen como GEI al dióxido de carbono (CO₂), el metano (CH₄), el óxido nitroso (N₂O) y algunos halocarbonos, como los clorofluorocarbonos (CFC); el vapor de agua también es un promotor de este efecto, sin embargo, no es considerado como GEI (Grupo Intergubernamental de expertos en el cambio climático, 2014).

- **Caracterización de emisiones:**

Procedimiento mediante el cual se captan muestras en chimeneas o ductos y se analizan para determinar las concentraciones de contaminantes descargados a la atmósfera (MADS, 2015).

- **Contaminantes**

Son fenómenos físicos, o sustancias, o elementos en estado sólido, líquido o gaseoso, causantes de efectos adversos en el medio ambiente, los recursos naturales renovables y la salud humana que solos, o en combinación, o como productos de reacción, se emiten al aire como resultado de actividades humanas, de causas naturales, o de una combinación de estas (MADS, 2015).

- **Desarrollo sostenible**

Proceso de transformaciones naturales, económico-sociales, culturales e institucionales, que tienen por objeto asegurar el mejoramiento de las condiciones de vida del ser humano, la producción de bienes y prestación de servicios, sin deteriorar el ambiente natural ni comprometer las bases de un desarrollo similar para las futuras generaciones (MADS, 2015).

- **Emisión**

Es la descarga de una sustancia o elemento al aire, en estado sólido, líquido o gaseoso, o en alguna combinación de estos, proveniente de una fuente fija o móvil (MADS, 2015).

- **Fuente de emisión**

Es toda actividad, proceso u operación, realizado por los seres humanos, o con su intervención, susceptible de emitir contaminantes al aire (MADS, 2015) (MAVDT, 2008).

- **Fuente fija de contaminación**

Es la fuente de emisión situada en un lugar determinado e inamovible, aun cuando la descarga de contaminantes se produzca en forma dispersa (MADS, 2015) (MAVDT, 2008).

- **Fuente fija puntual**

Es la fuente fija que emite contaminantes al aire por ductos o chimeneas (MADS, 2015) (MAVDT, 2008).

- **Dióxido de Carbono CO₂**

El dióxido de carbono es uno de los gases traza más comunes e importantes en el sistema atmósfera-océano-tierra, es el más importante GEI asociado a actividades humanas y el segundo gas más importante en el calentamiento global después del vapor de agua; este gas tiene fuentes antropogénicas y naturales. En relación a las actividades humanas el CO₂ se emite principalmente, por el consumo de combustibles fósiles (carbón, petróleo y sus derivados y gas natural) y de leña para generar energía.

- **Dióxido de Nitrógeno NO₂**

El NO₂ es un tipo de molécula contaminante de tipo primario (que proviene directamente de la fuente de emisión); el NO₂ es un gas fuertemente tóxico de color pardo rojizo, posee una gran trascendencia en la formación del Smog fotoquímico, influyendo en la formación de otros contaminantes secundarios como el O₃.

Este gas reacciona con el agua para formar ácido nítrico, precipitado en forma de lluvia ácida, que puede dañar los árboles y el agua (Barcelona, 2020). La principal fuente se encuentra en el sector transporte, debido a las reacciones de combustión de los vehículos y en las instalaciones de combustión de las grandes industrias, en menor medida también son responsables las calderas de combustión.

Determinación de emisiones de óxidos de nitrógeno en fuentes fijas (Método EPA 7)

Consiste en la toma de una muestra puntual (no isocinética) en una solución absorbente de peróxido de hidrógeno en medio ácido. La muestra se toma generando un vacío hasta alcanzar una presión absoluta de máximo 75 mm Hg en un balón de fondo redondo de 2 litros que contiene 25 ml de la solución absorbente. La muestra se agita fuertemente y se deja absorber por un mínimo de 16 horas, al cabo de las cuales se recupera y se lleva al laboratorio para ser analizada por colorimetría y determinar el contenido total de óxidos de nitrógeno como NO_x. La determinación de óxidos de nitrógeno es realizada por cuadruplicado a intervalos de 15 minutos entre cada toma de muestra puntual

- **Dióxido de Azufre SO₂**

El Dióxido de Azufre (SO₂) que proviene principalmente de la combustión de combustibles fósiles (madera, carbón y derivados del petróleo) ha estado históricamente involucrado en los principales episodios de alta contaminación atmosférica (Valle del Mosa, Bélgica 1930; Donora, Estados Unidos 1948; Poza Rica, México 1950, y Londres 1952). El dióxido de azufre irrita la piel y las membranas mucosas de los ojos, la nariz, la garganta y los pulmones (Internacionales, 2022)

Determinación de emisiones de dióxido de azufre en fuentes fijas (Método EPA 6)

Consiste en la toma desde la chimenea de un volumen de muestra conocido y absorción del analito en dos impactadores con solución de peróxido de hidrogeno (H₂O₂) al 3 % en agua y posterior determinación en laboratorio mediante titulación compleja métrica de la masa de SO₂ con el sistema bario-torina. La determinación de dióxido de azufre es determinada por triplicado

- **Material Particulado MP**

El material particulado (MP) es un conjunto de partículas sólidas y líquidas emitidas directamente al aire, tales como el hollín de diesel, polvo de vías, el polvo de la agricultura y las partículas resultantes de procesos productivos (Fang et al., 2003). Según la normatividad colombiana, el MP no se sedimenta en períodos cortos, sino que permanece suspendido en el aire debido a su tamaño y densidad (Resolución 610 de 2010) (MAVDT, 2010); estas partículas en suspensión son una compleja mezcla de productos químicos y/o elementos biológicos, como metales, sales, materiales carbonosos, orgánicos volátiles, compuestos volátiles (COV), hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) y endotoxinas que pueden interactuar entre sí formando otros compuestos (Issn, 2012).

Determinación de emisiones de material particulado en fuentes fijas (Método EPA 5)

Consiste en extraer de la chimenea un volumen conocido de muestra en forma isocinética, para obtener una muestra representativa de la concentración de partículas en el gas efluente. La velocidad isocinética depende de la temperatura, la presión y el flujo de gas (Método 2), el peso molecular (Método 3), la humedad del gas (Método 4) y el diámetro de boquilla de succión que se utilice. El gas extraído de la chimenea pasa por un tren de muestreo, compuesto por un filtro circular que se mantiene caliente a temperaturas entre 110 y 120°C para evitar condensación de humedad, y el tren de burbujeadores que se mantienen a una temperatura entre 10 y 15°C para determinar la humedad del gas como se describió en el Método 4.

El filtro se pesa antes y después de usado, en las mismas condiciones ambientales de humedad y temperatura y, el peso ganado dividido por el volumen de muestra da la concentración de partículas en el gas.

- **Permiso de Emisiones**

El Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial expidió en julio de 2008 la resolución 909, la cual establece las normas y estándares admisibles de emisión de contaminantes a la atmósfera por fuentes fijas, además de otras disposiciones; esta norma entró en vigencia en el 2010 y ha traído consigo importantes y valiosos cambios legislativos y técnicos, con relación a la emisión de fuentes fijas y a las características de las chimeneas e instalaciones necesarias para la evaluación de las emisiones. Dicha resolución acoge lo estipulado en la resolución 760 de 2010 que adopta el protocolo para el control y vigilancia de la contaminación atmosférica generada por fuentes fijas.

Según el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia el permiso de emisiones para Fuentes Fijas es el que concede la autoridad ambiental competente, mediante acto administrativo, para que una persona natural o jurídica, pública o privada, dentro de los límites permisibles pueda realizar emisiones al aire (MinAmbiente, 2023). Éste se debe tramitar cuando se realice una actividad que produzca descargas o emisiones contaminantes a la atmosfera, se debe obtener el permiso otorgado por la autoridad ambiental, dando cumplimiento a los requisitos y condiciones establecidos en el Decreto 1076 de 2015 (CorpoBoyacá, 2023).

Según el Artículo 2.2.5.1.7.2 del Decreto 1076 de 2015, requerirá permiso previo de emisión atmosférica la realización de alguna de las siguientes actividades, obras o servicios, públicos o privados:

- Quemadas abiertas controladas en zonas rurales.

- Descargas de humos, gases, vapores, polvos o partículas por ductos o chimeneas de establecimientos industriales, comerciales o de servicio.
- Emisiones fugitivas o dispersas de contaminantes por actividades de explotación minera a cielo abierto.
- Incineración de residuos sólidos, líquidos y gaseosos.
- Operaciones de almacenamiento, transporte, carga y descarga en puertos susceptibles de generar emisiones al aire.
- Operación de calderas o incineradores por un establecimiento industrial o comercial.
- Quema de combustibles, en operación ordinaria, de campos de explotación de petróleo y gas.
- Procesos o actividades susceptibles de producir emisiones de sustancias tóxicas.
- Producción de lubricantes y combustibles.
- Refinación y almacenamiento de petróleo y sus derivados; y procesos fabriles petroquímicos.
- Operación de plantas termoeléctricas.
- Operación de reactores nucleares.
- Actividades generadoras de olores ofensivos.
- Las demás que el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible establezca, con base en estudios técnicos que indiquen la necesidad de controlar otras emisiones.

- **Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire**

El “Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad Ambiental del Aire”, es un instrumento que permite estandarizar los criterios técnicos para el monitoreo ambiental del aire en el país, a fin de generar información de calidad, comparable, compatible, confiable y representativa (SINIA, 2019).

Está conformado por dos manuales que guían el proceso de diseño y operación de los Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire; el Manual de Diseño de Sistemas

de Vigilancia de la Calidad del Aire (SVCA) contiene todos los lineamientos y elementos conceptuales para el diseño de un SVCA y el Manual de Operación de Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire explica los procedimientos para operar un SVCA (MinAmbiente, 2010)

- **Sistemas de control de emisiones**

Los sistemas de control de emisiones son componentes críticos de casi todos los equipos modernos que funcionan con diésel y, debido a las regulaciones de emisiones cada vez más estrictas, se continúan realizando mejoras en la reducción de emisiones (Instituto de Hidrología, 2007). El control de emisiones comenzó en los años 1990 con filtros de partículas diésel (DPF) que reducen el material particulado (PM) y se expandió para incluir la reducción de óxidos de nitrógeno (NO_x) a principios de los años 2000.

- **Compensación ambiental**

La compensación ambiental consiste en el desarrollo y la aplicación de un conjunto de planes correctivos para subsanar el daño generado a los ecosistemas naturales; daños causados por distintas actividades industriales como la deforestación, la extracción y el desarrollo de infraestructuras, entre otras (Instituto de Hidrología, 2007).

- **Vulnerabilidad al cambio climático**

De acuerdo con el informe Cambio Climático 2014: Impactos, Adaptación y Vulnerabilidad del IPCC, en los últimos decenios los cambios en el clima han causado impactos en los sistemas naturales y humanos en todos los continentes y océanos; entre los impactos de fenómenos extremos conexos al clima figuran la alteración de ecosistemas, la desorganización de la producción de alimentos y el suministro de agua, daños a la infraestructura y los asentamientos, morbilidad y mortalidad, y consecuencias para la salud mental y el bienestar humano. La vulnerabilidad es la “propensión o predisposición a ser afectado negativamente por

un evento; ésta comprende una variedad de conceptos y elementos que incluyen la sensibilidad o susceptibilidad al daño y la falta de capacidad de respuesta y adaptación” (IPCC, Op. Cit.p.5).

- **Descarbonización**

De acuerdo al IPCC (2018), la descarbonización se refiere al proceso por el cual los países, individuos u otras entidades apuntan a lograr una existencia cero de carbono fósil, esto es, eliminar el consumo de combustible fósil; apunta a acciones que permiten eliminar el consumo de combustibles que poseen carbono en su estructura molecular, y cuya combustión libera energía, contaminantes – que afectan la salud de las personas y los ecosistemas – y gases de efecto invernadero (CR2, 2019).

1.4.2 Estado Del Arte

La contaminación del aire en las ciudades es una preocupación importante en todo el mundo, independientemente del nivel de desarrollo de un país; en los países de altos ingresos, la calidad del aire ha mejorado sustancialmente desde la década de 1970, sin embargo, los efectos adversos del cambio climático a un nivel relativamente bajo de contaminación siguen siendo una preocupación pública (Han, Zhou, Pickett, Li, & Qian, 2018).

A nivel nacional, Colombia presenta altos índices de contaminación atmosférica, Medellín y Bogotá conforman áreas metropolitanas densamente pobladas, concentradas en un hábitat geográficamente estrecho y poco ventilado; las múltiples actividades industriales y de transporte que se realizan en las ciudades arrojan a la atmósfera cantidades de contaminantes que podrían estar afectando la calidad del aire que respiran sus habitantes (Bedoya & Martínez, 2009).

Estudios hechos para la ciudad de Bogotá establecieron que desde el año 2001 y a nivel de toda el área urbana de Bogotá se incumple la norma anual de PM10 durante el 40% de los días del año, concluyendo, además que durante un importante porcentaje de tiempo los habitantes de la ciudad se encuentran expuestos a

concentraciones de material particulado que han sido consideradas como perjudiciales para la salud de las personas por la OMS (R, 2012).

Dentro del departamento de Boyacá la mayoría de actividades del corredor industrial relacionadas con emisiones de gases están basadas en el uso de hornos rudimentarios, para fabricación cerámica, producción de ladrillos, cocción y producción de coque entre otros; es así como en el marco de la gestión de emisiones se tiene, por un lado, la normativa colombiana que estableció la obligación de tramitar permiso de emisión atmosférica para fuentes fijas, además del protocolo de monitoreo y seguimiento de la calidad de aire como método de control y por otra parte estudios sobre la optimización de los hornos y control de partículas y gases con el fin de disminuir lo emitido además de evitar el uso de combustibles como el carbón, como método de mitigación.

Un ejemplo de ello fue la investigación hecha por el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo con la empresa Artesanías de Colombia S.A. en su proyecto de Aplicación de Planes de Innovación y Desarrollo Tecnológico de las unidades productivas rurales y urbanas del país, que desempeñan oficios de la cerámica, la alfarería, la cestería y la madera, en ésta se realizó la optimización de hornos a base de leña, en donde se acondicionaron quemadores atmosféricos a gas combustible y se utilizó gas licuado de petróleo o gas natural, se le hizo una optimización del combustible con la adición de oxígeno durante la combustión, resultando en los siguientes beneficios: alta capacidad de trabajo, libres de mantenimientos, bajos costos de operación y de funcionamiento, calentamiento más rápido y eficiente, además de la reducción significativa de emisiones de GEI, pues no hay impacto negativo en emisiones (Aránguez et al., 1999).

Como parte de la compensación ambiental y la gestión realizada por el departamento, en el catálogo de acciones de descarbonización en los sectores energía y transporte de Colombia, se plasma la acción voluntaria de la nación en la Estrategia Climática de Largo Plazo conocida como E2050 o trayectoria de descarbonización en línea con el Acuerdo de París, para evitar un aumento de la temperatura de más 1.5°C. Paralelamente, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo

Sostenible actualizó la Contribución Determinada a Nivel Nacional - NDC por sus siglas en inglés -, la cual consigna los esfuerzos del país para reducir las emisiones nacionales y adaptarse a los efectos del cambio climático en el corto y mediano plazo (UNFCCC,2021). Para desarrollar las capacidades de las gobernaciones a nivel territorial para implementar acciones de descarbonización, las organizaciones OpEPA, The Climate Group y The Climate Reality Project América Latina recibieron fondos de UK Pact Colombia y junto con la Procuraduría General de la Nación se trabajó con los departamentos para generar visiones en Colombia bajo el marco del proyecto; se basó en la metodología de Climate Group, la cual, ayudó a las gobernaciones a planear su camino para una reducción de emisiones de gases de efecto invernadero a largo plazo, a través de trayectorias de descarbonización (Catálogo de acciones de descarbonización en los sectores de energía y transporte de Colombia, 2021).

- **Sector Energía**

El proyecto E2050 tuvo en cuenta que para lograr emisiones netas cero en 2050 se requiere sustituir los combustibles fósiles en paralelo al aumento en las tecnologías renovables y las soluciones energéticamente eficientes, para esto determinó que la energía debe ser generada por fuentes limpias y que la demanda de energía se debe reducir tanto como sea posible con el objetivo de aumentar la eficiencia energética. El proyecto centró sus estrategias en dos áreas: Demanda y Generación; para la demanda planteo 8 estrategias de eficiencia energética en temas de iluminación, construcción, climatización, cocina y calentamiento de agua, refrigeradores y electrodomésticos, hornos, calderas y suministro de vapor, motores y bombas y 1 para políticas públicas apostando a una producción y consumo sostenible para una economía innovadora e incluyente.

De igual forma planteo acciones para la generación; 5 estrategias para fuentes no convencionales de energía renovable en términos de energía eólica, solar, hidroeléctrica, biomasa y biogás y 1 para infraestructura eléctrica sostenible, innovadora y eficiente apostando a una matriz energética diversificada para atender

la demanda a través de fuentes renovables y que permitiera el acceso a recursos limpios y al uso de tecnologías más eficientes.

- **Sector Transporte**

Las acciones planteadas se organizaron alrededor de 6 modos: Peatones, Ciclistas, Transporte Público, Transporte de Carga y Vehículos particulares; por lo cual centró sus estrategias en cuatro líneas, por un lado tecnologías de cero y bajas emisiones fomentando el uso de vehículos híbridos, vehículos eléctricos de batería, vehículos de celda de combustión de hidrogeno, transporte férreo eléctrico y navegación fluvial, donde apostó a movilidad e infraestructura sostenible que dio lugar a costos óptimos para la economía. Cambios de modalidad y eficiencia de los sistemas en aerocables, gestión del sistema vial, eficiencia energética en motores y bombas, transporte público y cambio en el comportamiento a otras alternativas de transporte apostando a ciudades con un desarrollo urbano integral. De igual forma la estandarización de vehículos urbanos e interurbanos, transporte férreo, navegación fluvial y conducción eficiente y por último estrategias para una red de suministro energético fomentando la entrega y el uso de combustibles alternativos.

1.4.3 Marco Espacial

El presente trabajo se desarrolló en el corredor industrial del Valle de Sogamoso del departamento de Boyacá, el cual cubre los municipios de Ventaquemada, Tunja, Samacá, Combita, Oicata, Tuta, Sotaquirá, Paipa, Duitama, Tibasosa, Nobsa y Sogamoso, caracterizados porque todos hacen parte de la hoya del naciente Río Chicamocha y porque en estos se ha dado el mayor desarrollo industrial del departamento.

Imagen 1. Corredor Industrial de Boyacá



Fuente: Gobernación de Boyacá, Departamento Administrativo de Planeación, 2019

1.4.4 Marco Normativo

Tabla 1. Legislación y políticas sobre cambio climático y control de emisiones en Colombia

NORMA	DESCRIPCIÓN GENERAL
Convenio Viena 1985	Protección de la capa de ozono.
Constitución Política de Colombia 1991	Contiene 49 Artículos alusivos al Medio Ambiente, dentro de los cuales se cita el deber del Estado de proteger la diversidad e integridad del ambiente y de prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, así como derecho de gozar de un ambiente sano.
Ley 99 de 1993	Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el sector público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional

	Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones.
Ley 164 de 1994	Por la cual se adopta la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.
Ley 629 de 2000	Por la cual se aprueba el Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de la Naciones Unidas sobre Cambio Climático.
Lineamientos de Política de Cambio Climático (2002)	Con la cual se identifican las estrategias para consolidar la capacidad nacional para responder a las posibles amenazas del cambio climático.
CONPES 3242 de 2003	Estrategia institucional para la venta de servicios ambientales de mitigación del cambio climático.
Resolución 340 de 2005	Por la cual se conforman los grupos internos, incluyendo el Grupo de Mitigación al Cambio Climático, en las diferentes dependencias del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial y se determinan sus tareas.
Resolución 909 de 2008	Por la cual se establecen las normas y estándares de emisión admisibles de contaminantes a la atmósfera por fuentes fijas y se dictan otras disposiciones.
Resolución 760 De 2010	Por la cual se adopta el Protocolo para el Control y Vigilancia de la Contaminación Atmosférica Generada por Fuentes Fijas
Plan Nacional De Adaptación Al Cambio Climático (2010)	Con el cual se busca reducir la vulnerabilidad del país e incrementar su capacidad de respuesta frente a las amenazas e impactos del cambio climático.
Conpes 3700 de 2011	Estrategia institucional para la articulación de políticas y acciones en materia de cambio climático en

	Colombia.
Decreto 1076 de 2015	Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible”. Libro 2 Régimen Reglamentario del Sector Ambiente, Parte 2 Reglamentaciones, Título 5 Aire, Capítulo 1 Reglamento de protección y control de la calidad del aire, en las siguientes secciones: Sección 1 – PROTECCIÓN Y CONTROL hasta la Sección 12 – RÉGIMEN SANCIONATORIO, que compila el Decreto 948 de 1995 y sus modificaciones
Decreto 298 De 2016	Por la cual se establece la organización y funcionamiento del Sistema Nacional de Cambio Climático.
Política Nacional De Cambio Climático (2017)	En la cual se plantea incorporar la gestión del cambio climático en las decisiones públicas y privadas para avanzar en una senda de desarrollo resiliente al clima y baja en carbono, que reduzca los riesgos del cambio climático y permita aprovechar las oportunidades que este genera.
Ley 1844 De 2017	Por la cual se aprueba el Acuerdo de París.
Ley 1931 De 2018	Ley de cambio climático, por la cual se establecen directrices para la gestión del cambio climático.
Ley 2169 De 2021	Por medio de la cual se impulsa el desarrollo bajo en carbono del país mediante el establecimiento de metas y medidas mínimas en materia de carbono neutralidad y resiliencia climática

Fuente: Adaptado del “Plan de Adaptación al Cambio Climático para el Departamento de Córdoba 2016 - 2027”

1.5 METODOLOGÍA EMPLEADA

La metodología aplicada en la formulación del diagnóstico base sobre emisiones para el corredor industrial del departamento de Boyacá y de acuerdo a los objetivos planteados en este trabajo, fue mediante el método descriptivo, el cual es utilizado para recoger, organizar, depurar y analizar la información disponible para generar como resultados algunas observaciones. Este método implica la recopilación y presentación sistemática de datos para dar una idea clara; para lograr esto se establecieron las siguientes etapas:

1.5.1 Recolección de Información

Durante esta primera etapa se realizó una aproximación a los conceptos básicos de cambio climático, emisiones de GEI por parte del sector industrial y escenarios proyectados del fenómeno, mediante la revisión de fuentes bibliográficas. Una vez consultada la información base, se realizó la búsqueda de información secundaria en dos enfoques, uno acudiendo a las Alcaldías de cada municipio del corredor industrial de Boyacá a las que se le solicitó el inventario de empresas industriales matriculadas, de igual forma se solicitó la base de datos de las Cámaras de Comercio de Tunja, Duitama y Sogamoso de empresas industriales matriculadas en su jurisdicción. El segundo enfoque, orientado a la gestión de emisiones, acudiendo a la autoridad ambiental competente en este caso Corpoboyacá donde se solicitó acceso al registro de permisos de emisiones de cada empresa que por normativa debe reportar a la corporación.

1.5.2 Organización y análisis de información

Una vez recopilados y revisados los documentos obtenidos durante la primera etapa, se procedió a organizar y depurar la información. Se organizaron las bases de datos proporcionadas por las cámaras de comercio, depurando y seleccionando las empresas que de acuerdo a la Clasificación Industrial Internacional Uniforme CIIU desarrollan actividades de extracción, transformación y producción de materias primas, así como demás actividades de manufactura con el lineamiento de ser susceptibles a descargas atmosféricas. Para la gestión de emisiones y con el permiso de la corporación, se acudió a las instalaciones para la revisión de cada uno de los expedientes de Permisos de Emisiones Atmosféricas de Fuentes Fijas PEAFF, de donde se tomaron datos de concentraciones de gases contaminantes de los últimos estudios isocinéticos reportados a la corporación, además se tomaron datos de sistemas de control, reconversión a tecnologías limpias y compensación ambiental.

1.5.3 Formulación del Diagnóstico

Finalmente, tras la organización y análisis de la información se realizó el diagnóstico sobre gestión de emisiones del corredor industrial de Boyacá.

2 CAPITULO II. TEJIDO EMPRESARIAL DEL CORREDOR INDUSTRIAL DE BOYACA

Dentro del corredor Industrial de Boyacá se cuenta con una serie de actividades que llevan al departamento a estar dentro de los más productivos del país, pues se pueden evidenciar actividades de producción agropecuaria, una moderada presencia industrial y un constante desarrollo en sectores como el de servicios; la industria se encuentra centrada en la producción de carrocerías, metalmecánica, siderúrgica, láctea y material para construcción (Cifuentes et al., n.d.).

Cada municipio es característico por actividades industriales que lo representan y determinan su estado actual en cuanto a calidad del aire, además de las actividades presentes en el corredor Industrial de Boyacá.

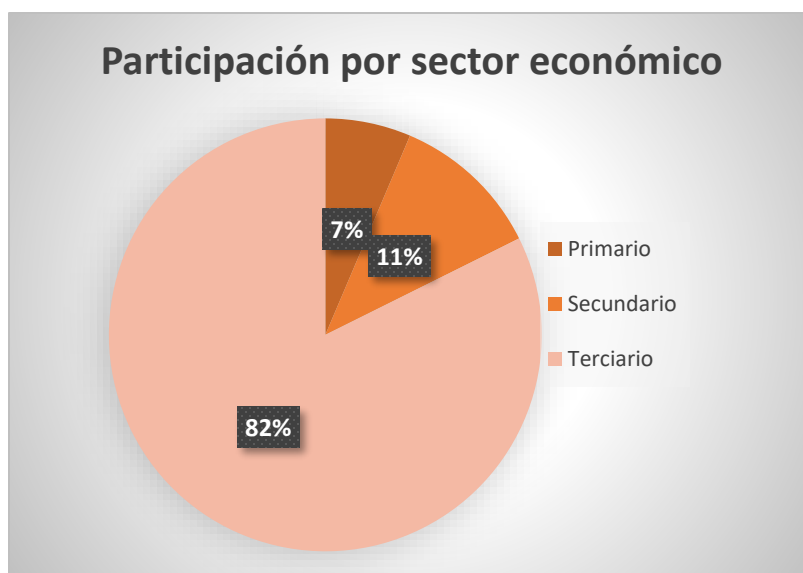
2.1 TEJIDO EMPRESARIAL INDUSTRIAL DE VENTAQUEMADA

Ventaquemada, está ubicado en la provincia Centro, según la Cámara de Comercio de Tunja en su último registro sobre Caracterización Municipal del año 2020, detalla que cuenta con 578 unidades empresariales contenidas entre los tres sectores, primario, secundario y terciario; se puede determinar que según el Censo poblacional del DANE 2020, proyectado al 2022, reporta un total de 16.093 habitantes, de las cuales 2.479 están ubicados en la zona urbana y 13.614 en zonas rurales, lo que deja ver una importante densidad empresarial de 35,91 empresas por cada mil habitantes (Dane, 2022).

2.1.1 Caracterización por sector económico

De acuerdo a la base de datos proporcionada por la Cámara de Comercio de Tunja, como se puede apreciar en el Gráfico 1 el sector primario es el de menor participación, ya que reporta solo 37 empresas, seguido del sector secundario con 65 empresas y por último el sector terciario que es el de mayor incidencia con 476 empresas (Tejido Empresarial Ventaquemada, 2022.).

Gráfica 1: Clasificación tejido empresarial por sector económico Ventaquemada



Fuente: Elaboración propia a partir de Cámara de Comercio de Tunja

A través de la información obtenida, se clasificaron las diferentes actividades económicas que hacen parte del tejido empresarial y productivo de Ventaquemada como se puede evidenciar en la Tabla 2 en donde se presentan las actividades económicas más representativas dentro de las 578 empresas registradas.

Tabla 2: Tejido empresarial Ventaquemada por actividad económica

Actividad	Unidades Empresariales	Participación (%)
Comercio	236	40,83
Actividades relacionadas con alojamientos y servicios	120	20,76
Industria Manufacturera	58	10,03

Fuente: Elaboración propia a partir de Cámara de Comercio de Tunja

2.1.2 Cuantificación sector industrial

Dentro de las actividades que se desarrollan en el municipio, se seleccionaron las que generan emisiones atmosféricas debido a su proceso de producción, como se puede apreciar en la Tabla 3.

- **Sector Primario:** Se evidencia lo relacionado con minas y canteras y se reportan tres actividades, dentro de las cuales se encuentran la extracción de hulla y extracción de piedra, arena y arcillas.
- **Sector Secundario:** Dentro de este sector, se encuentra la industria manufacturera en donde se pudo evidenciar la presencia de actividades asociadas a generación de emisiones como la fabricación de productos lácteos, productos de metalmecánica con una significativa representación dentro de las demás industrias de este sector

Tabla 3: Sector Industrial Ventaquemada por unidad empresarial

Actividad	Unidades Empresariales
Extracción de hulla (Carbón de piedra)	2
Extracción de piedra, arena, arcillas comunes, yeso y anhidrita	2
Extracción de carbón lignito	1
Elaboración de productos lácteos	13
Fabricación de formas básicas de plástico	1
Fabricación de productos metálicos para uso estructural	5
Total	24

Fuente: Elaboración propia a partir de base de datos Alcaldía de Ventaquemada, 2022

2.2 TEJIDO EMPRESARIAL INDUSTRIAL DE SAMACA

Samacá es un municipio boyacense perteneciente a la provincia Centro, con una extensión de unos 160 Km² y una distancia 32 kilómetros de la capital del departamento, Tunja. Según la Gestión del conocimiento y la Innovación para el desarrollo local hecha por Barreto y otros, Samacá cuenta con una gran riqueza hídrica teniendo la represa de Teatinos y los embalses de Gachaneca I y II, lo que además de su reconocida riqueza minera y carbonífera permite tener tierras apropiadas para cultivo (Bernal et al., 2021).

2.2.1 Caracterización por sector económico

De acuerdo a la base de datos proporcionada por la Cámara de Comercio de Tunja, como se puede apreciar en el Gráfico 2 el sector primario de Samacá registra 90 empresas, le sigue el sector secundario con 117 empresas y el sector terciario es el de mayor importancia en cuanto a número de unidades empresariales, contando con 764 que constituyen el 78,7% del total del tejido empresarial, observando que es uno de los municipios de la jurisdicción que reporta una importante participación del sector primario.

Gráfica 2: Clasificación tejido empresarial por sector económico Samacá



Fuente: Elaboración propia a partir de Cámara de Comercio Tunja

Las diferentes actividades económicas que hacen parte del tejido empresarial y productivo de Samacá se pueden ver en la Tabla 4 en donde se evidencian las más representativas dentro de las 971 unidades empresariales registradas

Tabla 4: Tejido empresarial Samacá por actividad económica

Actividad	Unidades Empresariales	Participación (%)
Transporte de carga por carretera	111	29,86
Actividades de otras asociaciones	35	13,01
Comercio al por mayor de productos químicos	2	12,75
Comercio al por mayor de combustibles sólidos	22	11,5
Otras actividades del municipio	801	67,11

Fuente: Elaboración propia a partir de Cámara de Comercio Tunja

2.2.2 Cuantificación sector industrial

Dentro de las actividades que se desarrollan en el municipio, se seleccionaron las que generan emisiones atmosféricas debido a su proceso de producción, como se puede apreciar en la Tabla 5.

- **Sector Primario:** La minería es uno de los ejes fundamentales de la economía de Samacá, teniendo la empresa más grande de la cadena de carbón en Boyacá, la Comercializadora Internacional Milpa S.A. además cuenta con la presencia de empresas como Carbones Andinos, Ciprodyser, Inversiones Foncarbón, Limar Coal, Francoal, JAM Internacional entre otras empresas con gran capacidad de producción. Dentro de las actividades relacionadas con minas y canteras se reporta la extracción de hulla y extracción de piedra, arena y arcillas.
- **Sector Secundario:** Dentro de este sector, se encuentra la industria manufacturera en donde sobresale la fabricación de productos de hornos de

coque, representando el 24,14% de la industria manufacturera (Planeación y Estudios Económicos CC Tunja, 2021) seguido de la fabricación de productos metálicos, producción de bebidas entre otros

Tabla 5: Sector Industrial Samacá por unidad empresarial

Actividad	Unidades Empresariales
Extracción de hulla (Carbón de piedra)	50
Extracción de piedra, arena, arcillas comunes, yeso y anhidrita	4
Fabricación de productos de hornos de coque	21
Fabricación de productos metálicos para uso estructural	10
Producción de malta, elaboración de cervezas y otras bebidas	1
Elaboración de productos lácteos	2
Fabricación de materiales de arcilla para la construcción	1
Total	89

Fuente: Elaboración propia a partir de base de datos Alcaldía de Samacá, 2022

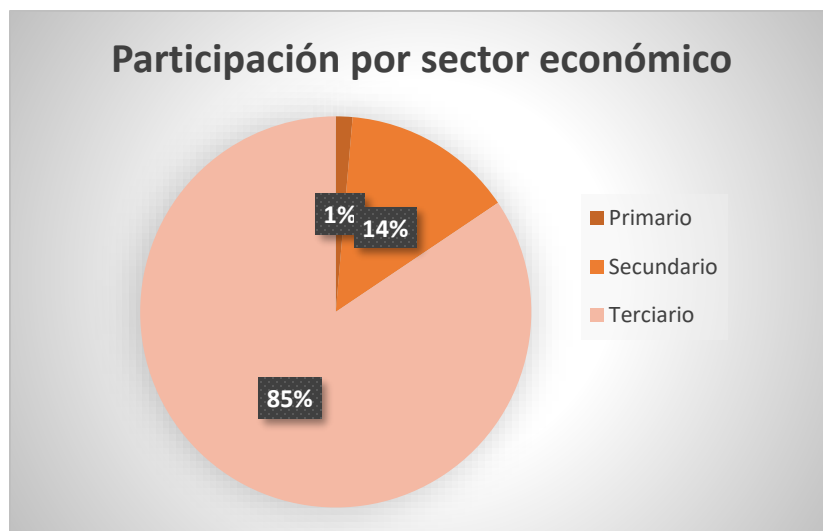
2.3 TEJIDO EMPRESARIAL INDUSTRIAL DE TUNJA

La ciudad de Tunja, capital del departamento de Boyacá, se caracteriza por registrar un crecimiento poblacional en los últimos 20 años de aproximadamente un 64%, según cifras arrojadas por el DANE en el año 2020 (Milena & Roper, 2020). Asimismo, según el Plan de Desarrollo Municipal la ciudad de Tunja posee un PIB de poca relevancia a escala nacional e incluso departamental en el sector primario (Recolección de materias primas) 3%, secundario (Transformación de materias primas) 14% y el sector terciario (Servicios) con un 83% de la economía. (Alcaldía Mayor de Tunja, 2020).

2.3.1 Caracterización por sector económico

Según datos entregados por la Cámara de Comercio de Tunja en su análisis del tejido empresarial para el año 2022, como se puede evidenciar en la Gráfica 3 el sector primario en Tunja es el de menor participación, ya que reporta 183 unidades empresariales seguido del sector secundario con 1.885 empresas y el sector terciario es el de mayor dinámica con 11.204 empresas, este sector está representado mayormente por la parte de servicios y de acuerdo a los resultados se puede evidenciar que la mayor parte de la población de Tunja se dedica a todo lo relacionado con atención al cliente.

Gráfica 3: Clasificación tejido empresarial por sector económico Tunja



Fuente: Elaboración propia a partir de Cámara de Comercio Tunja

Las diferentes actividades económicas que hacen parte del tejido empresarial y productivo de Tunja se pueden ver en la Tabla 6 en donde se evidencian las más representativas dentro de las 13272 unidades empresariales registradas.

Tabla 6: Tejido empresarial Tunja por actividad económica

Actividad	Unidades Empresariales	Participación (%)
Comercio al por mayor y al por menor	5348	40,3

Alojamiento y servicios de comida	1571	11,8
Actividades profesionales	1079	8,1
Industria Manufacturera	956	7,2

Fuente: Elaboración propia a partir de Cámara de Comercio Tunja

2.3.2 Cuantificación sector industrial

Dentro de las actividades que se desarrollan en el municipio, se seleccionaron las que generan emisiones atmosféricas debido a su proceso de producción, como se puede apreciar en la Tabla 7.

- **Sector Primario:** En la Capital del municipio se reúnen varias actividades relacionadas con minas y canteras; se reporta la extracción de hulla, piedra, arena y arcillas además de encontrar extracción de esmeraldas y piedras preciosas, como también extracción de minerales y arcillas de uso industrial.
- **Sector Secundario:** Dentro de este sector, se encuentra la industria manufacturera en donde sobresale la fabricación de productos metálicos para uso estructural, fabricación de materiales de arcilla entre otros.

Tabla 7: Sector Industrial Tunja por unidad empresarial

Actividad	Unidades Empresariales
Extracción de hulla (Carbón de piedra)	41
Extracción de piedra, arena, arcillas comunes, yeso y anhidrita	19
Actividades de apoyo para otras actividades de explotación de minas y canteras	2
Extracción de esmeraldas, piedras preciosas y semipreciosas	10

Extracción de otros minerales metalíferos no ferrosos	1
Extracción de carbón lignito	2
Extracción de arcillas de uso industrial caliza, caolín y bentonitas	1
Fabricación de otros productos elaborados de metal	12
Fabricación de productos metálicos para uso estructural	65
Fabricación de materiales de arcilla para la construcción	15
Fabricación de hierro y acero	9
Elaboración de productos lácteos	19
Fabricación de productos de hornos de coque	3
Producción de malta, elaboración de cervezas y otras bebidas	5
Fabricación de artículos de hormigón, cemento y yeso	4
Generación de energía eléctrica	2
Total	210

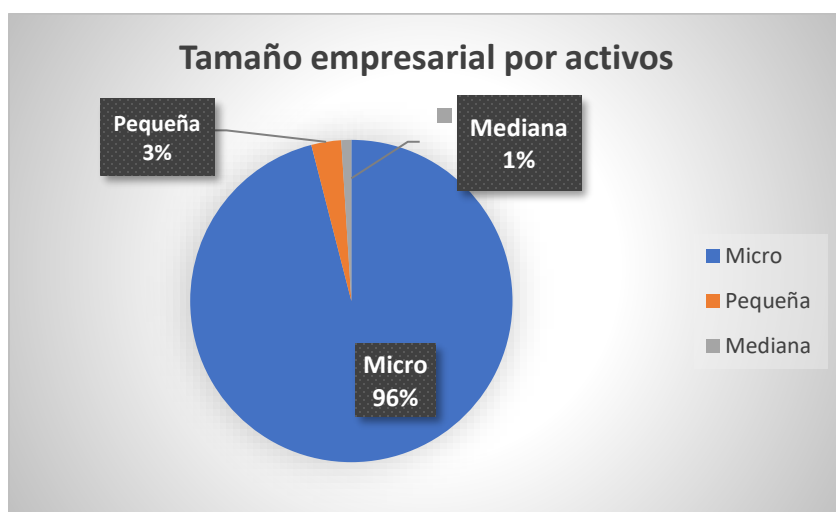
Fuente: Elaboración propia a partir de base de datos Alcaldía de Tunja, 2022

2.4 TEJIDO EMPRESARIAL INDUSTRIAL DE COMBITA

La economía del municipio se basa en la producción agrícola, pecuaria, la actividad de comercio, la minería, la prestación de servicios y la pequeña industria, principalmente. Según datos suministrados por la Cámara de Comercio de Tunja en el informe adelantado en 2019, de caracterización de perfiles municipales para la Provincia Centro, Cómbita para el año 2017 registró un crecimiento económico del 3,0%, y según proyecciones del DANE se mantendría para el año 2018.

La Cámara de Comercio de Tunja también plasmó en el estudio, que para este periodo se registraron 200 unidades empresariales clasificadas de acuerdo a su tamaño empresarial como se muestra en la Gráfica 4.

Gráfica 4: Tejido empresarial Combita por actividad económica



Fuente: Elaboración propia a partir de Cámara de Comercio Tunja

2.4.1 Caracterización por sector económico

Según el plan de desarrollo municipal de Combita, para el año 2020 se tienen 200 registros empresariales, dentro de los cuales se destaca la participación del sector de comercio y reparación de vehículos (Combita, 2020) como se aprecia en la tabla 8.

Tabla 8: Tejido empresarial Combita por actividad económica

Actividad	Unidades Empresariales	Participación (%)
Comercio y reparación de vehículos	72	36
Alojamiento y servicios de comida	24	12
Industria Manufacturera	18	9

Fuente: Elaboración propia a partir de Cámara de Comercio Tunja

2.4.2 Cuantificación sector industrial

Según datos proporcionados por la Alcaldía de Combita se tienen:

- 22 títulos mineros vigentes al año 2022, concentrados en las veredas San Francisco, Concepción, San Isidro y San Martín.
- 2 unidades empresariales dedicada a la elaboración de productos lácteos Lácteos Marcon SAS y Cooperativa Integral San Rafael.
- 3 unidades empresariales asociadas a la fabricación de materiales de arcilla para la construcción Arcillas Triple AAA SAS, Arcitek SAS y Ladrillos Deko SAS.

Para un total de 27 unidades empresariales dedicadas a industria.

2.5 TEJIDO EMPRESARIAL INDUSTRIAL DE OICATÁ

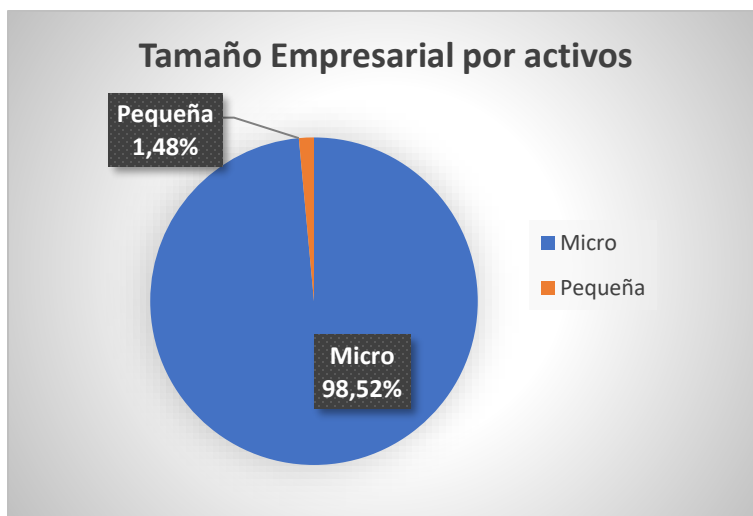
El municipio de Oicatá actualmente es reconocido como de economía agropecuaria, corresponde principalmente al sector primario de la economía; sobresale la agricultura como actividad principal con cultivos de papa, cebada, trigo, arveja, fresa y caducifolios; en segundo renglón la ganadería, la extracción y procesamiento de arcilla como industria bandera y potencialmente con las mejores perspectivas hacia el futuro (Rojas, 2023), no obstante la mayoría de la población en edad laboral se desplaza hacia Tunja y otros municipios en búsqueda de ingresos, pues las posibilidades en el municipio son limitadas.

En el plan de desarrollo municipal para el año 2020-2023 no se encuentran datos específicos de unidades empresariales del municipio, de igual forma las bases de datos de la Alcaldía no reportan unidades empresariales del sector industrial, además de ver un constante decrecimiento en actividades productivas en los tres sectores (primario, secundario y terciario) (Rojas, 2023) , es por esto que el plan de desarrollo para el 2020-2023 en sus objetivos plantea esfuerzos para aumentar el sector empresarial sin ir en contravía de la vocación natural del Municipio; la agricultura.

2.6 TEJIDO EMPRESARIAL INDUSTRIAL DE TUTA

Tuta es un municipio ubicado en la provincia centro del departamento, a unos 26 km de Tunja, su economía se basa en la agricultura y la agroindustria; entre los productos que más se destacan está la papa, la cebolla cabezona, el maíz, la fresa y diversas hortalizas; en cuanto a la ganadería se cría principalmente ganado vacuno y ovino. De acuerdo a la Cámara de Comercio de Duitama, las empresas se clasifican de acuerdo al tamaño de sus activos como se muestra en la gráfica 5 (Concejo Municipal de Tuta, 2020)

Gráfica 5: Tejido empresarial Tuta por actividad económica



Fuente: Elaboración propia a partir de Cámara de Comercio Duitama

2.6.1 Caracterización por sector económico

Según el plan de desarrollo municipal del municipio, para el año 2020 se tienen 203 registros empresariales, dentro de los cuales se destaca la participación del sector de comercio y servicios turísticos como se aprecia en la tabla 9.

Tabla 9: Tejido empresarial Tuta por actividad económica

Actividad	Unidades Empresariales	Participación (%)
Agropecuaria	7	3,45
Comercio al por menor y por mayor	89	43,84
Servicios turísticos- restaurantes- bebidas	30	14,79

Fuente: Elaboración propia a partir de Cámara de Comercio Duitama

2.6.2 Cuantificación sector industrial

Dentro de las actividades del sector industrial en el municipio, posee un mayor porcentaje la actividad minera, según el Plan de Desarrollo para el año 2019 según la agencia nacional de minería existen 20 títulos mineros vigentes en donde se destacan 11 títulos mineros en etapa de exploración de carbón, 7 títulos mineros para otros minerales y dos títulos mineros para materiales de construcción (Concejo Municipal de Tuta, 2020).

Los principales minerales que se explotan en el municipio son carbón, arena, cascajo y piedra, las explotaciones se encuentran ubicadas principalmente en las veredas Hato, San Nicolás, Hacienda y Agua Blanca.

Tabla 10: Sector Industrial Tuta por unidad empresarial

Actividad	Unidades Empresariales
Explotación de minas y canteras	20
Elaboración de productos lácteos	6
Fabricación de productos metálicos	4
Total	30

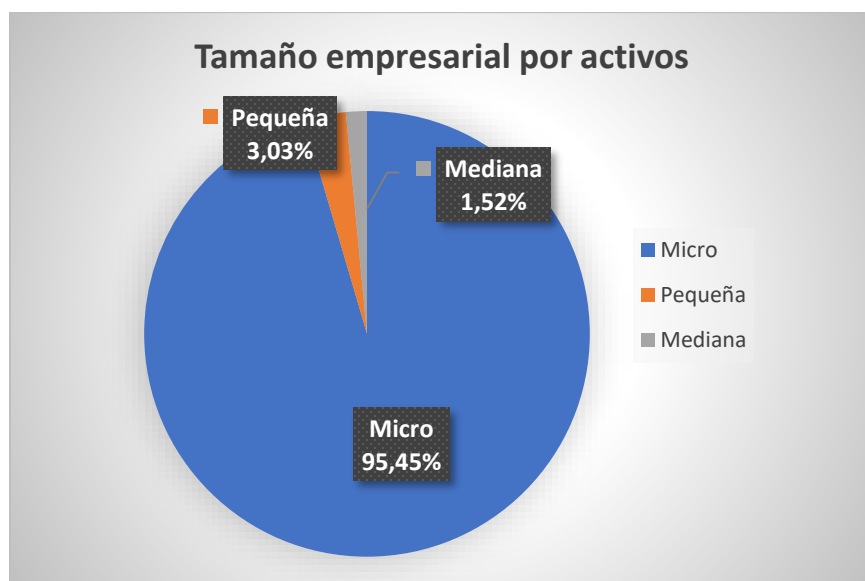
Fuente: Elaboración propia a partir de base de datos Alcaldía de Tuta, 2022

2.7 TEJIDO EMPRESARIAL INDUSTRIAL DE SOTAQUIRA

Sotaquirá es considerado por tradición el Municipio Frutícola de Boyacá, según la caracterización socioeconómica y empresarial realizada por la Cámara De Comercio De Duitama del año 2020, la fuente económica de la población del municipio está fundamentada en los sectores agrícola y pecuario, caracterizándose por los sistemas de monocultivo y una economía de subsistencia.

La categorización según el tamaño empresarial realizada, concluyo que los 132 registros (CC. Duitama, 2020) se clasifican como se muestra en la gráfica 6.

Gráfica 6: Caracterización empresarial según tamaño



Fuente: Elaboración propia a partir de Cámara de Comercio Duitama

2.7.1 Caracterización por sector económico

Según el plan de desarrollo municipal del municipio, para el año 2020 se tienen 132 registros empresariales, dentro de los cuales se destaca la participación del sector de comercio y actividades agropecuarias como se aprecia en la Tabla 11.

Tabla 11: Tejido empresarial Sotaquirá por actividad económica

Actividad	Unidades Empresariales	Participación (%)
Agropecuaria	12	9,10
Comercio al por menor y por mayor	58	43,94
Servicios turísticos- restaurantes- bebidas	14	10,6

Fuente: Elaboración propia a partir de Cámara de Comercio Duitama

2.7.2 Cuantificación sector industrial

Dentro de las actividades del sector industrial en el municipio, posee un mayor porcentaje en lo relacionado con la industria manufacturera, en este sector económico figuran las empresas: Inversiones Ladrillos Maguncia que funciona en la jurisdicción del municipio y Gerdau Diaco la cual funciona en límites de Sotaquirá y Tuta.

De igual manera empresas procesadoras de lácteos como Parmalat y Algarra ubicadas en límites entre Sotaquirá y Tuta y lácteos Andinos en la vereda Bosigas centro. Se informa explotación de canteras en los sectores: El Mirador - Vereda el Moral, El Redil- Cortadera Chiquita, de igual manera explotación ilegal de canteras: Vereda Carrizal sector el desaguadero, vereda Carreño Construca (Luis & Montealegre, 2015).

Tabla 12: Sector Industrial Sotaquirá por unidad empresarial

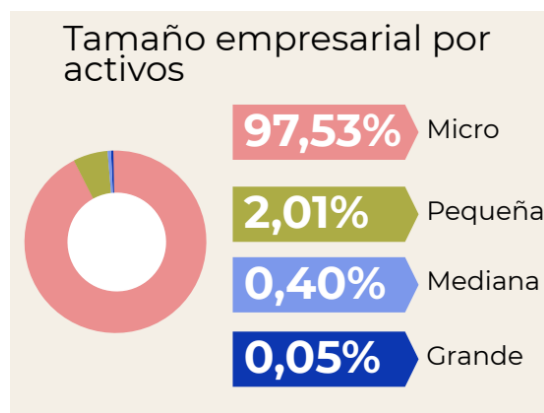
Actividad	Unidades Empresariales
Minería	2
Elaboración de productos lácteos	11
Fabricación de productos metálicos	2
Total	15

Fuente: Elaboración propia a partir de base de datos Alcaldía de Sotaquirá, 2022

2.8 TEJIDO EMPRESARIAL INDUSTRIAL DE PAIPA

Según informe de caracterización socioeconómica de la Cámara de Comercio de Duitama en el año 2020, Paipa representa el 11.9% de las empresas registradas en su jurisdicción, con 1.579 empresas aproximadamente, sin embargo, se detectó un crecimiento en el año posterior, pues en el Plan de Desarrollo de Paipa 2020-2023 se plasma que para el año 2021 se registran 1986 unidades empresariales (Agust, 2020) caracterizadas como se muestra en la Imagen 2.

Imagen 2. Caracterización empresarial según tamaño



Fuente: Plan de Desarrollo Municipal de Paipa, 2020-2023

2.8.1 Caracterización por sector económico

Según el plan de desarrollo municipal del municipio, para el año 2021 se tiene 1986 registros empresariales, dentro de los cuales se destaca la participación del sector de servicios y manufactura como se aprecia en la Tabla 13

Tabla 13: Tejido empresarial Paipa por actividad económica

Actividad	Unidades Empresariales	Participación (%)
Actividades de servicios	1604	80,81

Sector secundario de transformación (Industrias textiles, químicos, fabricación de productos en madera, productos alimenticios y de construcción)	273	13,72
Sector primario, agrícola o de extracción	109	5,47

Fuente: Elaboración propia a partir de Cámara de Comercio Duitama

2.8.2 Cuantificación sector industrial

El municipio de Paipa, cuenta con un sector industrial reconocido por la central termoeléctrica TERMOPAIPA propiedad de GENSA SA ESP, es una planta de generación de energía eléctrica a base de vapor para cuya producción se utiliza como combustible carbón. Además de acuerdo a los datos proporcionados por la Alcaldía de Paipa, en su base de datos se ve presencia de Industrias manufactureras como la fabricación de productos de hierro o metálicos, además de presencia de minería en la extracción de hulla, lo anterior se detalla en la Tabla 14.

Tabla 14: Sector Industrial Paipa por unidad empresarial

Actividad	Unidades Empresariales
Extracción de hulla (Carbón de piedra)	77
Extracción de piedra, arena, arcillas comunes, yeso y anhidrita	3
Extracción de esmeraldas, piedras preciosas y semipreciosas	1
Fabricación de materiales de arcilla para la construcción	1
Fabricación de otros productos cerámicos	1
Fabricación de productos metálicos	10
Fabricación de productos de hierro, acero, aluminio	25
Generación de energía eléctrica	2

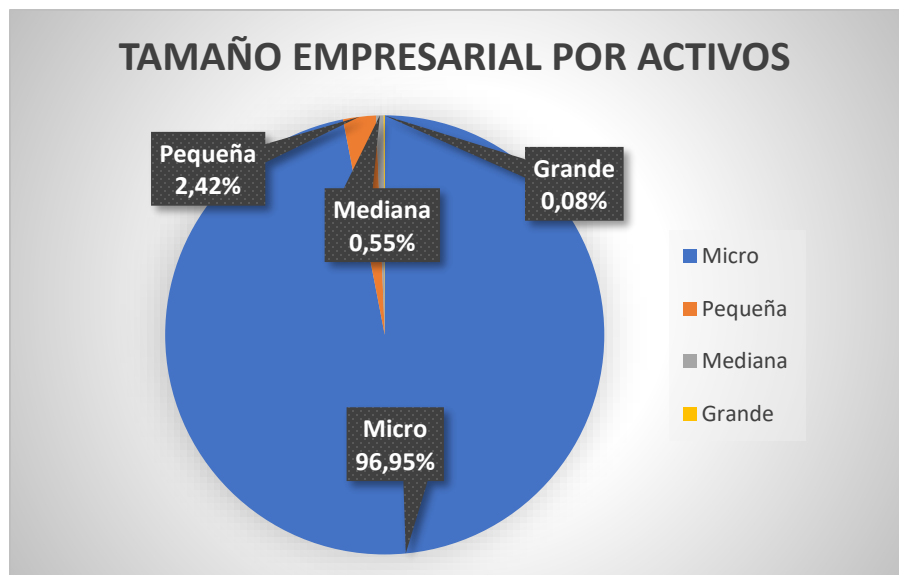
Fuente: Elaboración propia a partir de base de datos Alcaldía de Paipa, 2022

2.9 TEJIDO EMPRESARIAL INDUSTRIAL DE DUITAMA

Duitama es el segundo municipio y uno de los mayores centros industriales del departamento, por lo que ha sido considerado polo de desarrollo regional y eje del corredor industrial. Desde 1976 cuenta con un parque industrial, ubicado en la vía Duitama - Paipa, que aglutina empresas de diversa naturaleza como construcción y ensamble de carrocerías para el transporte de pasajeros y de carga, industrias de fibra de vidrio, industrias de procesamiento de lácteos y plantas de sacrificio de aves de corral, entre otras (León, 2019).

Según la Cámara de Comercio de Duitama, en la última caracterización realizada para el municipio en el año 2021 se encontraron 13.971 Matriculas vigentes de las cuales 7.851 son unidades empresariales distribuidas con se puede ver en la Gráfica 7.

Gráfica 7: Caracterización empresarial según tamaño



Fuente: Elaboración propia a partir de Cámara de Comercio Duitama

2.9.1 Caracterización por sector económico

Según la Cámara de Comercio de Duitama en el tejido empresarial del municipio de Tibasosa, a corte del 31 de marzo de 2021 se registraron 7.859 empresas las cuales se distribuyen entre los sectores de manufactura, servicios y comercio como se muestra en la tabla 15.

Tabla 15: Tejido empresarial Duitama por actividad económica

Actividad	Unidades Empresariales	Participación (%)
Comercio al por mayor y al por menor	3814	46,3
Alojamiento y servicios de comida	875	10,6
Industrias manufactureras	830	10
Actividades de servicios	484	5,8

Fuente: Elaboración propia a partir de Cámara de Comercio Duitama

2.9.2 Cuantificación sector industrial

Dentro de las actividades del sector industrial en el municipio, posee un mayor porcentaje en lo relacionado con la industria manufacturera, en este sector económico figuran las empresas: Inversiones Ladrillos Maguncia que funciona en la jurisdicción del municipio y Gerdau Diaco la cual funciona en límites de Sotaquirá y Tuta

Tabla 16: Sector Industrial Paipa por unidad empresarial

Actividad	Unidades Empresariales
Extracción de hulla (carbón de piedra)	45
Extracción de piedra, arena, arcillas comunes, yeso y anhidrita	3
Extracción de esmeraldas piedras preciosas y semipreciosas	1
Extracción de minerales	1
Fabricación de productos de hornos de coque	2

Industrias básicas de hierro y acero	2
Elaboración de productos lácteos	5
Fabricación de productos metálicos para su uso estructural	23
Fabricación de productos metálicos	6
Fabricación de productos textiles	6
Elaboración de bebidas	7
Total	101

Fuente: Elaboración propia a partir de base de datos Alcaldía de Duitama, 2022

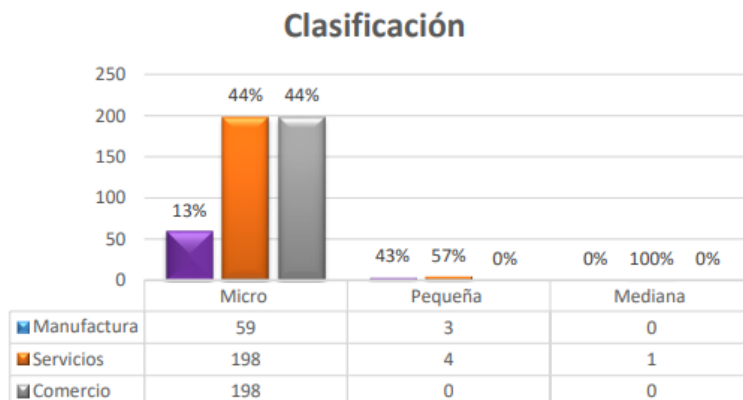
2.10 TEJIDO EMPRESARIAL INDUSTRIAL DE TIBASOSA

Este municipio está situado en el Valle de Sogamoso, la autopista central del Norte atraviesa el municipio imprimiéndole vitalidad a su comercio y a su vida social y cultural; las principales actividades que se dan están entre la ganadería principalmente el ganado vacuno, utilizado para la producción de leche, por otro lado, se encuentra la agricultura entre los más relevantes están el cultivo de papa, cebolla, maíz entre otros y el sector de las artesanías entre los que se destacan el tejido de lana y macramé y el trabajo con madera.

2.10.1 Caracterización por sector económico

Según la Cámara de Comercio de Sogamoso en el tejido empresarial del municipio de Tibasosa, a corte del 31 de marzo de 2022 se registraron 530 empresas las cuales se distribuyen entre los sectores de manufactura, servicios y comercio como se muestra en la Imagen 3.

Imagen 3. Clasificación empresarial por tamaño y sector



Fuente: Cámara de Comercio Sogamoso, 2022

Según datos entregados por la Cámara de Comercio de Sogamoso, para el año 2022 se tienen 530 registros empresariales, dentro de los cuales se destaca la participación del sector de comercio, agricultura y la industria manufacturera como se aprecia en la Tabla 17

Tabla 17: Tejido empresarial Tibasosa por actividad económica

Actividad	Unidades Empresariales	Participación (%)
Comercio al por menor y por mayor	236	45
Alojamiento y servicios de comida	96	18
Industria Manufacturera	40	8
Agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca	29	5

Fuente: Elaboración propia a partir de Cámara de Comercio Sogamoso

2.10.2 Cuantificación sector industrial

Par el sector primario se presenta actividad minera, en las veredas Resguardo y La Carrera, existen minas de material de construcción (principalmente piedras calizas), de propiedad de la empresa multinacional Holcim, por otro lado, el sector secundario

está representado por la manufactura y las principales industrias en la zona son alimenticias que exportan sus productos hacia el resto del departamento y hacia la Capital de la República.

Tabla 18: Sector Industrial Tibasosa por unidad empresarial

Actividad	Unidades Empresariales
Extracción de hulla (carbón de piedra)	1
Extracción de piedra, arena, arcillas comunes, yeso y anhidrita	1
Extracción de arcillas de uso industrial, caliza, caolín y bentonitas	3
Extracción de minerales	2
Producción de malta, elaboración de cervezas y otras bebidas	1
Fabricación de materiales de arcilla para la construcción	1
Fabricación de artículos de hormigón, cementos y yeso	3
Total	12

Fuente: Elaboración propia a partir de base de datos Alcaldía de Tibasosa, 2022

2.11 TEJIDO EMPRESARIAL INDUSTRIAL DE NOBSA

Frente a las empresas en el municipio según cifras de la Cámara de Comercio se encontró un listado total de 817 empresas que se encuentran en régimen común y 1297 entre empresas y personas que ejercen una actividad comercial y están registradas en el municipio, lo cual indica que hay un margen importante de participación de organizaciones inscritas con el registro mercantil, pero que aún existe un gran número de empresas y personas naturales que no cuentan con un registro mercantil (Nobsa, 2023).

2.11.1 Caracterización por sector económico

En el sector artesanal y turístico se tiene un estudio realizado por profesionales del municipio en el que encontraron que las empresas dedicadas al sector de la artesanía el 36% se dedican a la tejeduría, 32% al comercio, 19% a la carpintería - ebanistería, 9% a otra y 8% a la forja (Estudio investigativo caracterización del sector artesanal del municipio de Nobsa, 2020).

Según datos entregados por la Cámara de Comercio de Sogamoso, para el año 2022 se tiene 2114 registros empresariales, las actividades más importantes se pueden ver reflejadas en la Tabla 19.

Tabla 19: Tejido empresarial Nobsa por actividad económica

Actividad	Unidades Empresariales	Participación (%)
Actividades comerciales	72	3,4
Actividades de servicios	48	2,2
Producción de calzado y prendas de vestir	23	1,08
Fabricación de muebles	13	0,61
Actividades no registradas	1682	79,56

Fuente: Plan de Desarrollo Municipal de Nobsa, 2020-2023

2.11.2 Cuantificación sector industrial

El mineral que más se explota en la región es la piedra caliza, pero también se encuentran yacimientos de hierro, en Nobsa se han construido grandes empresas, no solo de Boyacá sino referentes de Colombia como Acerías Paz del Río y Cementos Boyacá, como fuente generadora de ingresos, los habitantes del municipio aprovecharon su potencial para explotar las minas de piedra caliza, el reconocimiento de la piedra caliza y el aprovechamiento de la cal de Nobsa son centenarios (Gerencia, n.d.).

Dentro de las industrias mas importantes por su capacidad de producción se destaca Acerías Paz del Río, Holcim y Sanoha; minería y medio ambiente. Además, según datos de la Alcaldía de Nobsa, actualmente se encuentran registrados 162 hornos en producción de cal como se evidencia en la Tabla 20.

Tabla 20: Sector Industrial Nobsa por unidad empresarial

Actividad	Unidades Empresariales
Fabricación de cementos cal y yeso	162
Fabricación de artículos de hormigón cemento y yeso	5
Industrias básicas de hierro y acero	5
Total	172

Fuente: Elaboración propia a partir de base de datos Alcaldía de Nobsa, 2022

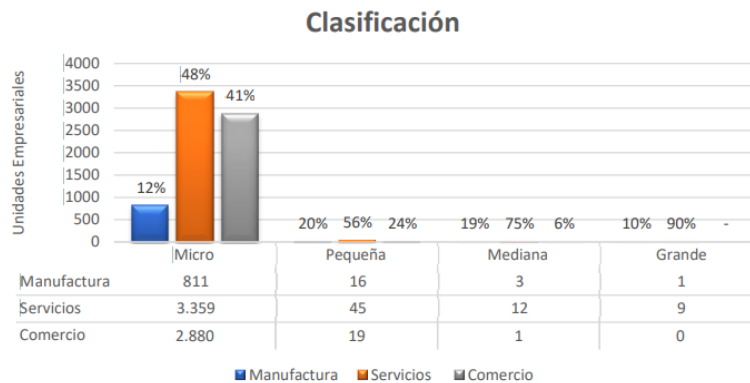
2.12 TEJIDO EMPRESARIAL INDUSTRIAL DE SOGAMOSO

Sogamoso es un municipio situado en el centro-oriente del departamento de Boyacá, su base económica es el comercio interregional entre los Llanos Orientales y el centro del país; así como la industria siderúrgica y de materiales de construcción; y la explotación de calizas, carbón y mármol (Alberto et al., 2021). La economía del área rural gira en torno a cuatro principales actividades: la extracción de arcilla (industria del ladrillo), la minería del carbón, la agricultura (maíz, papa, frijol, arveja y cebolla) y la ganadería.

2.12.1 Caracterización por sector económico

Según la Cámara de Comercio de Sogamoso en el tejido empresarial del municipio de Sogamoso, a corte del 31 de marzo de 2022 se registraron 7675 empresas vigentes las cuales se distribuyen entre los sectores de manufactura, servicios y comercio como se muestra en la imagen 4.

Imagen 4. Clasificación empresarial por tamaño y sector



Fuente: Cámara de Comercio Sogamoso, 2022

Según datos entregados por la Cámara de Comercio de Sogamoso, para el año 2022 se tiene 7675 registros empresariales, dentro de los cuales se destaca la participación del sector de comercio, alojamiento y servicios de comida, la industria manufacturera y otras actividades de servicios como se aprecia en la Tabla 21.

Tabla 21: Tejido empresarial Sogamoso por actividad económica

Actividad	Unidades Empresariales	Participación (%)
Comercio al por menor y por mayor	3339	43,5
Alojamiento y servicios de comida	818	10,66
Industria Manufacturera	719	9,37
Otras actividades de servicios	582	7,58

Fuente: Elaboración propia a partir de Cámara de Comercio Sogamoso

2.12.2 Cuantificación sector industrial

Sogamoso es un Municipio con una actividad minera intensiva y en general se puede clasificar como de subsistencia y pequeña minería, se destacan en orden de importancia las actividades de explotación de carbón, arcilla, arenas, recebo y roca fosfórica; en el sector minero la extracción de arcilla, con fines de transformación primaria para fabricación de productos cerámicos para la construcción, para la

industria manufacturera se destacan algunas empresas en la producción de alimentos y bebidas.

En el municipio se encuentran grandes industrias como Indumil, Proalambres, Sidenal y Argos, empresas con una capacidad de producción alta y que debido a su industria de igual forma contribuyen a las emisiones de GEI.

Tabla 22: Sector Industrial Sogamoso por unidad empresarial

Actividad	Unidades Empresariales
Extracción de hulla (carbón de piedra)	112
Extracción de piedra, arena, arcillas comunes, yeso y anhidrita	32
Extracción de arcillas de uso industrial, caliza, caolín y bentonitas	11
Extracción de minerales	8
Extracción de carbón lignito	2
Extracción de halita (sal)	1
Elaboración de productos lácteos	14
Producción de malta, elaboración de cervezas y otras bebidas malteadas	1
Fabricación de productos de hornos de coque	1
Fabricación de materiales de arcilla para la construcción	32
Fabricación de cemento, cal y yeso	7
Fabricación de artículos de hormigón, cemento y yeso	11
Industria básica de hierro y acero	9
Fabricación de productos metálicos	84
Total	325

Fuente: Elaboración propia a partir de base de datos Alcaldía de Sogamoso, 2022

3 CAPITULO III. DIAGNÓSTICO GESTIÓN DE EMISIONES EN EL CORREDOR INDUSTRIAL DE BOYACÁ

De acuerdo a datos entregados por la Corporación Autónoma Regional de Boyacá - Corpoboyacá, autoridad ambiental en el departamento y la cual rige los municipios ubicados en el corredor industrial, se estableció que se tienen en vigencia solamente 103 permisos de emisiones de las 1098 empresas industriales susceptibles a descargas atmosféricas en el corredor.

3.1 CUANTIFICACIÓN PERMISOS POR MUNICIPIO

De acuerdo a la Tabla 23 la cual detalla la cantidad de permisos existentes para cada municipio según datos otorgados por Corpoboyacá para el año 2022 con fecha de corte del mes de octubre.

Tabla 23: Número de Permisos en el corredor industrial

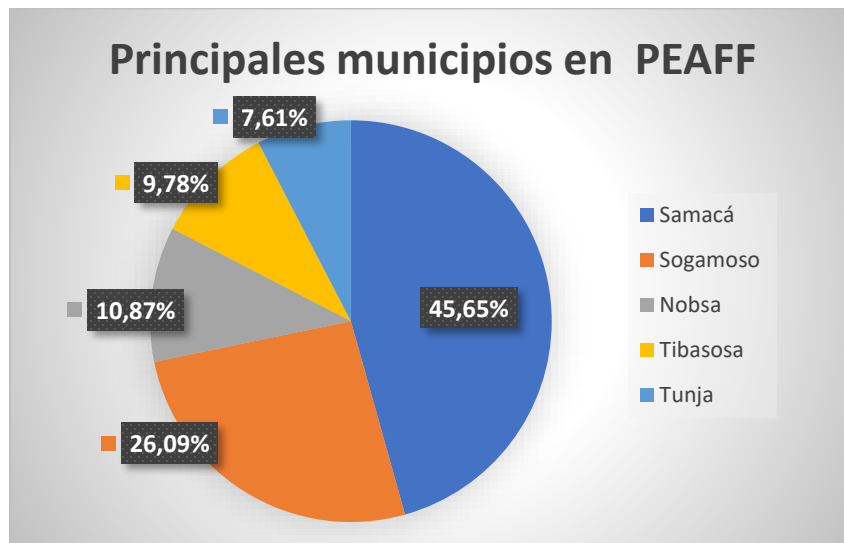
Municipio	Numero de Permisos
Samacá	42
Sogamoso	24
Nobsa	10
Tibasosa	9
Tunja	7
Paipa	5
Duitama	2
Combita	2
Oicata	2
Total	103

Fuente: Elaboración propia a partir de base de datos Corpoboyacá, 2022

Como se puede ver en la Grafica 8, Samacá es el municipio con mayor porcentaje de permisos de emisiones, seguido de Sogamoso, Nobsa, Tibasosa y Tunja los

cuales cuentan con las cifras mas representativas del total de permisos de la Corpoboyacá

Gráfica 8 :Principales Municipios del Corredor en poseer PEAFF



Fuente: Elaboración propia a partir de base de datos Corpoboyacá, 2022

- Samacá es el municipio que reporta la mayor cantidad de permisos atmosféricos para fuentes fijas, con el 40,77% de la totalidad, y se ve representado por el tipo de industria característico de la zona, pues los permisos se asocian a plantas de producción de coque metalúrgico; si bien cuenta con una cantidad significativa de permisos comparado con la totalidad de industrias (89), el 52% de minas de extracción y producción de coque no cuentan con este control de emisiones que ejerce el permiso.

Tabla 24: Número de Permisos por municipio

Municipio	Unidades Empresariales	Numero de Permisos
Samacá	89	42
Industria representativa en permisos		
Producción de coque metalúrgico		

Fuente: Elaboración propia a partir de base de datos Corpoboyacá, 2022

- Seguido de Sogamoso con el 23,30% de los permisos, distribuidos entre la industria alfarera, la producción de arcillas para cerámica o bloque estructural y

el acopio de materiales como el carbón y la cal. La situación de Sogamoso es aún más notoria puesto que de las 325 unidades empresariales solo el 7,38% posee permiso de emisiones, sin embargo, se pudo evidenciar que las empresas en su mayoría son microempresas, contribuyen en cantidad a la calidad de aire de la zona, reflejado por años en la gran cantidad de smog que respiran los habitantes del Valle de Sogamoso y que cubre sus cielos notoriamente.

Tabla 25: Numero de Permisos por municipio

Municipio	Unidades Empresariales	Numero de Permisos
Sogamoso	325	24
Industria representativa en permisos		
Producción de derivados de arcilla		

Fuente: Elaboración propia a partir de base de datos Corpoboyacá, 2022

- Los permisos de Nobsa se ven representados por las grandes industrias presentes en la zona como Acerías Paz del Río, empresa que posee dos permisos de emisiones y Holcim con 3 de ellos, además de obtener permisos por el acopio y trituración de roza caliza en su mayoría y carbón. De igual forma en Tibasosa, Bavaria empresa de producción de bebidas, aporta a la totalidad de permisos como GENSA con su termoeléctrica y la Compañía Eléctrica Sochagota en Paipa.

Tabla 26: Numero de Permisos por municipio

Municipio	Unidades Empresariales	Numero de Permisos
Nobsa	172	10
Industria representativa en permisos		
Fabricación de cal, cementos y yeso		

Fuente: Elaboración propia a partir de base de datos Corpoboyacá, 2022

- La capital Boyacense, Tunja, a pesar de contar con 210 unidades empresariales susceptibles a descargas atmosféricas, cuenta solo con 7 permisos de PEAFF es decir que solo el 3,33% de las industrias tramitaron este permiso de emisiones, distribuidas entre ladrilleras y plantas de producción de mezcla asfáltica; si bien la mayor parte de estas 210 son actividades relacionadas con minería y extracción de hulla, piedra, carbón entre otras, actividades que a nivel de microempresa no contribuyen significativamente al aumento de GEI pues se relacionan más que todo como fuentes dispersas, la cantidad existente de ellas puede significar emisiones representativas de material particulado.

Tabla 27: Numero de Permisos por municipio

Municipio	Unidades Empresariales	Numero de Permisos
Tunja	210	7
Industria representativa en permisos		
Plantas de producción de mezcla asfáltica		

Fuente: Elaboración propia a partir de base de datos Corpoboyacá, 2022

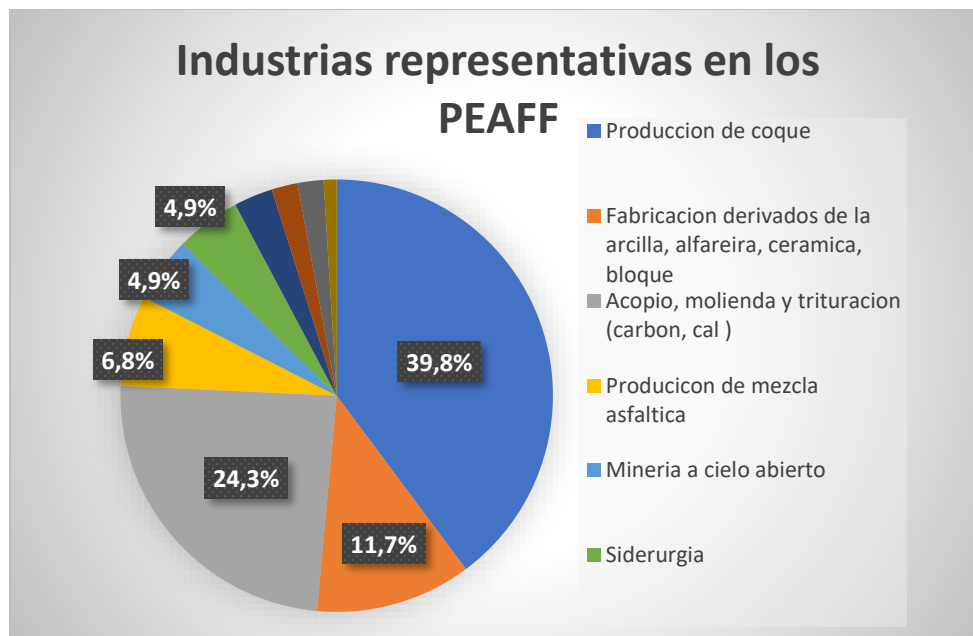
- Duitama cuenta con tan solo 2 permisos de emisiones, por lo que el 98,01% de sus empresas industriales no cuentan con este requisito, lo que anula casi completamente un control de GEI en el municipio. Los municipios de Sotaquirá, Tuta y Ventaquemada, no cuentan con registros de permisos de emisiones atmosféricas, a pesar de que en estos lugares hay presencia de actividad industrial susceptible a descargas al ambiente.

3.2 CUANTIFICACION POR ACTIVIDAD INDUSTRIAL

Una vez analizada la información obtenida, como se ve en la Gráfica 9 la actividad en la que se generó más cantidad de PEAFF, es la fabricación de productos de hornos de coque metalúrgico con el 39,80%, seguido de la fabricación de derivados

de la arcilla en industrias como la alfarera o para producir ladrillo estructural, luego se tiene el acopio y molienda de carbón o roca caliza, la producción de mezcla asfáltica, la minería, siderurgia, hornos de cremación, producción de energía, caleras y por último la producción de abonos.

Gráfica 9: Caracterización empresarial según tamaño



Fuente: Elaboración propia a partir de base de datos Corpoboyacá, 2022

Con base en lo descrito anteriormente, la Tabla 28 muestra las cantidades exactas de permisos existentes de acuerdo a la actividad relacionada

Tabla 28: Numero de permisos por actividad industrial

Actividad	Numero de permisos
Producción de coque	41
Fabricación derivados de la arcilla, alfarera, cerámica, bloque	12
Acopio, molienda y trituración (carbón, cal)	25
Producción de mezcla asfáltica	7
Minería a cielo abierto	5

Siderurgia	5
Hornos de cremación	3
Producción de energía	2
Caleras	2
Producción de abonos	1
Total	103

Fuente: Elaboración propia a partir de base de datos Corpoboyacá, 2022

3.3 ANÁLISIS DE CONTAMINANTES SEGÚN ACTIVIDAD INDUSTRIAL

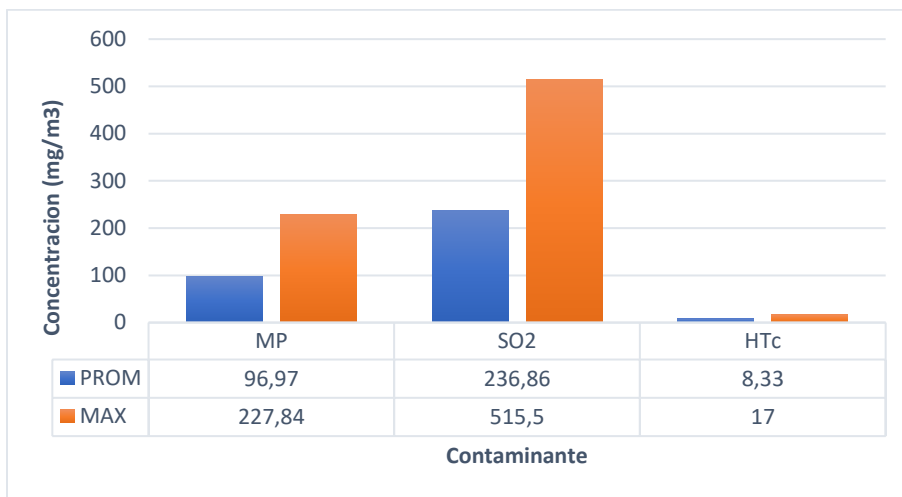
En la Resolución 909 del 5 de junio de 2008 se fijan los estándares de emisión admisibles de contaminantes al aire para actividades industriales, así como los contaminantes a monitorear por actividad industrial, requisito indispensable para tramitar y obtener el PEAFF de la autoridad ambiental, es así como dependiendo de la actividad realizada se deben medir cierto tipo de contaminantes.

3.3.1 Producción de Coque:

Para este tipo de actividad, de acuerdo a la normativa se encontraron mediciones de tres agentes contaminantes Material particulado MP, Dióxido de Azufre SO₂ e Hidrocarburos Totales producidos tras la quema de la materia prima, el carbón, se utiliza en esta industria comúnmente hornos tipo colmena.

En la gráfica 10 se puede observar el promedio de las concentraciones reportadas en el último estudio isocinético de las plantas de producción de coque metalúrgico, de igual forma se aprecia el valor máximo para cada contaminante encontrado en los registros.

Gráfica 10: Valores promedios y máximos según contaminante



Fuente: Elaboración propia a partir de base de datos CorpoBoyacá, 2022

La Resolución 909 del 2008 establece los estándares de emisión admisibles de contaminantes al aire para las actividades industriales definidas en la misma, en donde la producción de coque está incluida; estos estándares se pueden apreciar en la Imagen 5.

Imagen 5. Estándares de emisión admisibles de contaminantes al aire para actividades industriales a condiciones de referencia (25 °C y 760 mm Hg) con oxígeno de referencia del 11%.

Contaminante	Flujo del contaminante (kg/h)	Estándares de emisión admisibles de contaminantes (mg/m ³)	
		Actividades industriales existentes	Actividades industriales nuevas
Material Particulado (MP)	≤ 0,5	250	150
	> 0,5	150	50
Dióxido de Azufre (SO ₂)	TODOS	550	500
Óxidos de Nitrógeno (NO _x)	TODOS	550	500
Compuestos de Fluor Inorgánico (HF)	TODOS	8	
Compuestos de Cloro Inorgánico (HCl)	TODOS	40	
Hidrocarburos Totales (HC _T)	TODOS	50	
Dioxinas y Furanos	TODOS	0,5*	
Neblina Ácida o Trióxido de Azufre expresados como H ₂ SO ₄	TODOS	150	
Plomo (Pb)	TODOS	1	
Cadmio (Cd) y sus compuestos	TODOS	1	
Cobre (Cu) y sus compuestos	TODOS	8	

Fuente: Ministerio de Ambiente, 2008

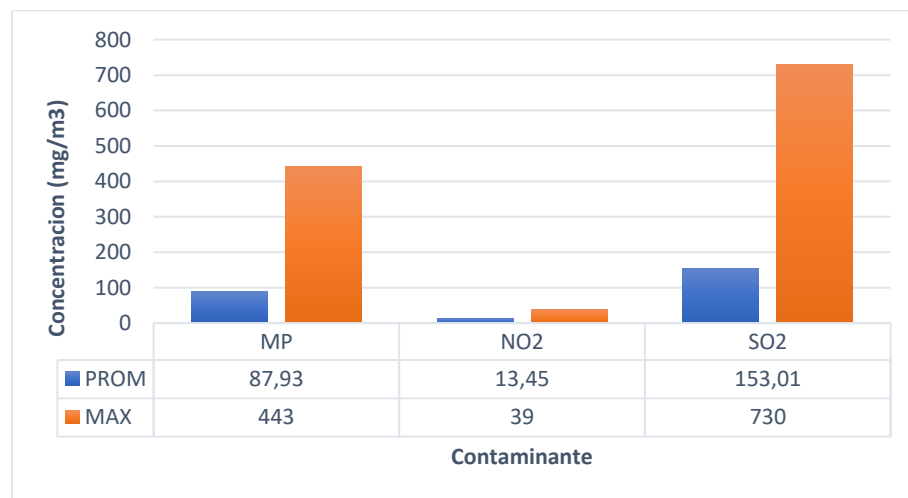
De acuerdo a los resultados plasmados en la gráfica 9 se puede apreciar que las concentraciones de las plantas de coquización cumplen con la norma, sin exceder los estándares admisibles para dióxido de azufre, material particulado e hidrocarburos totales.

3.3.2 Fabricación derivados de la arcilla

En los estudios isocinéticos se evalúa material particulado PM, dióxido de azufre SO₂ y dióxido de nitrógeno NO₂. También es representativo el uso de hornos tipo colmena para la cocción de la arcilla.

En la gráfica 11 se puede observar el promedio de las concentraciones reportadas en el último estudio isocinético de la fabricación de derivados de la arcilla, de igual forma se aprecia el valor máximo para cada contaminante encontrado en los registros.

Gráfica 11: Valores promedios y máximos según contaminante



Fuente: Elaboración propia a partir de base de datos CorpoBoyacá, 2022

La Resolución 909 del 2008 establece los estándares de emisión admisibles de contaminantes al aire para las industrias existentes de fabricación de cerámica refractaria, no refractaria y arcilla; estos estándares se pueden apreciar en la Imagen 6.

Imagen 6. Estándares de emisión admisibles de contaminantes al aire para las industrias existentes de fabricación de productos de cerámica refractaria, no refractaria de arcilla, a condiciones de referencia (25 °C, 760 mm Hg) con oxígeno de referencia del 18%

Combustible	Estándares de emisión admisibles (mg/m ³)		
	MP	SO ₂	NO _x
Sólido	250	550	550
Líquido	250	550	550
Gaseoso	NO APLICA	NO APLICA	550

Fuente: Ministerio de Ambiente, 2008

De acuerdo a los resultados, los valores promedio cumplen con los estándares especificados en la norma, los valores máximos de Material Particulado y Dióxido de Azufre no cumplen y fueron establecidos por el último estudio isocinético de la empresa Ladrillos el Sol S.A.S ubicada en el municipio de Sogamoso, sin embargo, el permiso fue renovado por un año más.

3.3.3 Acopio, molienda y trituración de carbón, minerales, piedra caliza y roca fosfórica

Esta industria, es caracterizada por ser propensa a fuentes dispersas de emisiones de material particulado PM₁₀ y PM_{2.5} es por esto que se debe medir la rata de emisión diaria y anual de partículas, por actividades como cargue y descargue de materias primas, manejo de agregados, erosión del viento, tráfico de vehículos, molienda, trituración, almacenamiento en pilas entre otros.

A: Molienda y Trituración.

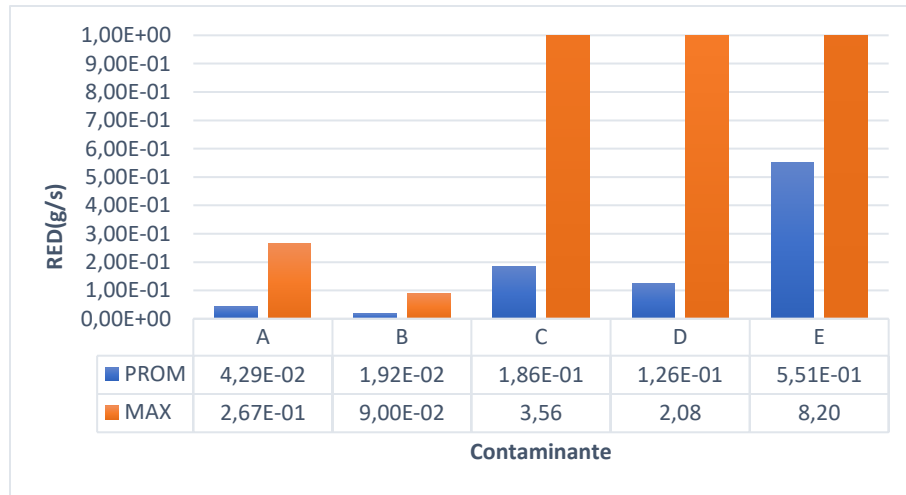
B: Transferencia de bandas.

C: Manejo de Agregados y almacenamiento en pilas.

D: Erosión del viento.

E: Tráfico de vehículos.

Gráfica 12: Valores promedios y máximos según contaminante

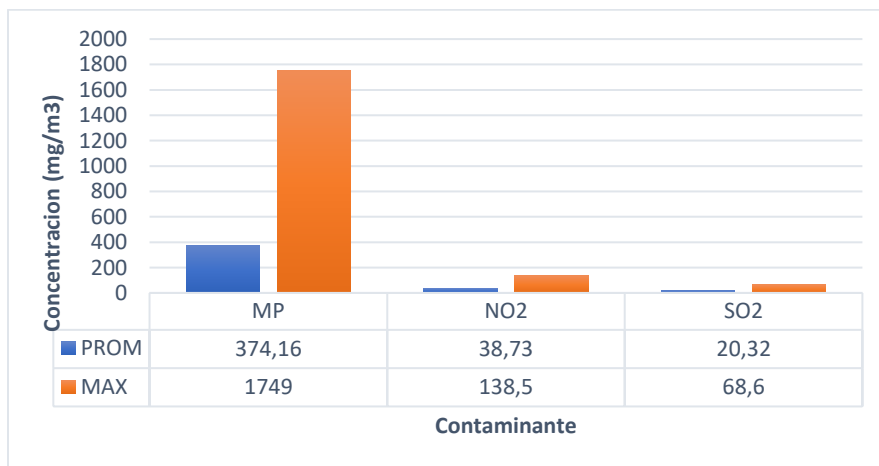


Fuente: Elaboración propia a partir de base de datos CorpoBoyacá, 2022

3.3.4 Mezcla asfáltica

Es una de las principales fuentes de contaminación atmosférica, emite diversos contaminantes, es por esto que en el estudio se mide material particulado, dióxido de nitrógeno, dióxido de azufre y se mide además la rata de emisión de fuentes dispersas. En la gráfica 13 se puede observar el promedio de las concentraciones reportadas en el último estudio isocinético de las plantas de producción de mezcla asfáltica, de igual forma se aprecia el valor máximo para cada contaminante encontrado en los registros.

Gráfica 13 Valores promedios y máximos según contaminante



Fuente: Elaboración propia a partir de base de datos CorpoBoyacá, 2022

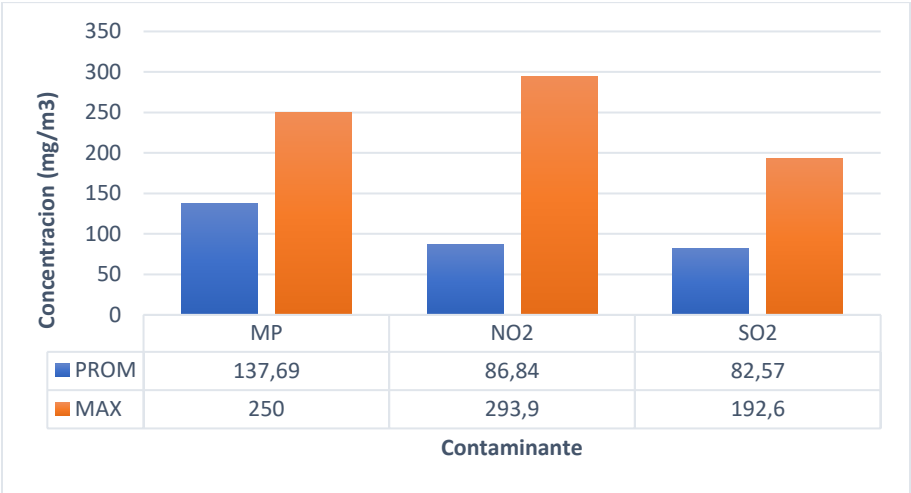
De acuerdo a los resultados y los estándares permisibles plasmados en la Imagen 5, el valor máximo de material particulado no cumple, valor establecido por el último estudio isocinético de la empresa Viascol LTDA ubicada en el municipio de Tunja, sin embargo, el permiso fue concedido; los valores de dióxido de nitrógeno y dióxido de azufre no sobrepasan los valores permitidos.

3.3.5 Siderurgia

En los estudios isocinéticos se evalúa material particulado, dióxido de azufre SO₂ y dióxido de nitrógeno NO₂, la industria siderúrgica afecta al agua con descargas ácidas y amoniacales; al aire con polvos, gases y humos provenientes del carbón y gas natural en procesos de combustión ineficientes.

En la gráfica 14 se puede observar el promedio de las concentraciones reportadas en el último estudio isocinético de las actividades consideradas dentro de la siderurgia, de igual forma se aprecia el valor máximo para cada contaminante encontrado en los registros.

Gráfica 14: Valores promedios y máximos según contaminante



Fuente: Elaboración propia a partir de base de datos CorpoBoyacá, 2022

De acuerdo a los resultados plasmados en la imagen 5 se puede apreciar que las concentraciones de las plantas de siderurgia cumplen con la norma, sin exceder los

estándares admisibles para dióxido de azufre, material particulado y dióxido de nitrógeno.

3.3.6 Hornos de cremación

La cremación de seres humanos, emite los gases de combustión inherentes a cualquier equipo que realice esta práctica con combustibles fósiles, y además se generan productos volátiles debido a la calcinación; es por esto que se mide en los estudios material particulado, monóxido de carbono CO, hidrocarburos totales y Benzo(a)pireno-Dibenzo(a)antraceno.

De los tres permisos hallados para hornos crematorios, se encontraron datos de una sola empresa, puesto que los demás estaban en disposición de Corpoboyacá, es por esto que en la Tabla 29 se puede apreciar los valores del último estudio isocinético del Cementerio Jardines de la Esperanza ubicado en el municipio de Tibasosa.

Tabla 29: Valores encontrados según contaminante

HORNOS DE CREMACION			
MP	CO	HTc	Benzo(a)pireno-Dibenzo(a)antraceno
9,13	93,81	14,05	0,0852

Fuente: Elaboración propia a partir de base de datos CorpoBoyacá, 2022

La Resolución 909 del 2008 establece los estándares de emisión admisibles de contaminantes al aire para hornos crematorios; estos estándares se pueden apreciar en la Imagen 7.

Imagen 7. Estándares de emisión admisibles de contaminantes al aire para hornos crematorios a condiciones de referencia (25 °C, 760 mm Hg) con oxígeno de referencia al 11%

Instalación	Promedio	Estándares de Emisión Admisibles (mg/m ³)		
		MP	CO	HC _T
Hornos crematorios	Promedio diario	NO APLICA	75	15
	Promedio horario	50	150	30

Fuente: Ministerio de Ambiente, 2008

El estudio isocinético se realizó para un promedio horario, es por esto que se ve el cumplimiento de las concentraciones para material particulado, monóxido de carbono e hidrocarburos totales.

Según el artículo 65 de la Resolución 909 del 2008 Estándares de emisión admisibles de Benzopireno y Dibenzo antraceno para hornos crematorios los hornos crematorios deben cumplir un límite de emisión admisible de 100 µg/m³ para Benzopireno y Dibenzo antraceno a condiciones de referencia, condición que se cumple de acuerdo a los resultados plasmados en la Tabla 26.

3.3.7 Producción de energía

De los dos permisos hallados para plantas de producción de energía, se encontraron datos de una sola empresa, puesto que los demás estaban en disposición de Corpoboyacá, es por esto que en la Tabla 30 se puede apreciar los valores del último estudio isocinético de la Compañía Eléctrica de Sochagota en Paipa.

Tabla 30: Valores encontrados según contaminante

PRODUCCION DE ENERGIA		
MP	NO ₂	SO ₂
10,31	681,48	1881,46

Fuente: Elaboración propia a partir de base de datos Corpoboyacá, 2022

La Resolución 909 del 2008 establece los estándares de emisión admisibles de contaminantes al aire para centrales térmicas con capacidad igual o superior a 20MW; estos estándares se pueden apreciar en la Imagen 8.

Imagen 8 Estándares de emisión admisibles de contaminantes al aire para centrales térmicas existentes con capacidad instalada igual o superior a 20 MW por tipo de combustible, a condiciones de referencia (25 °C, 760 mm Hg).

Combustible	Estándares de emisión admisibles (mg/m ³)			Oxígeno de referencia
	MP	SO ₂	NO _x	
Sólido	100	2800	760	6%
Líquido	100	2000	650	3%
Gaseoso	NO APLICA	NO APLICA	300	3%

Fuente: Ministerio de Ambiente, 2008

Ya que la materia prima de la central energética es el carbón, los estándares admisibles para combustible sólido plasmados en la imagen 8 y el último estudio isocinético, reflejan el cumplimiento de la Compañía de Sochagota en emisiones tanto para material particulado como para dióxido de azufre y óxidos de nitrógeno.

3.4 SISTEMAS DE CONTROL DE EMISIONES

De acuerdo con lo establecido en el artículo 78 de la Resolución 909 del 5 de junio de 2008 el cual fija la existencia de sistemas de control para actividades industriales y reglamenta el Protocolo para el Control y Vigilancia de la Contaminación Atmosférica Generada por Fuentes Fijas, la actividad objeto de control deberá suministrar información de los sistemas de control de emisiones presentes en sus actividades a la autoridad competente, donde se describa la operación del mismo y todo lo necesario que especifique el correcto funcionamiento de éste.

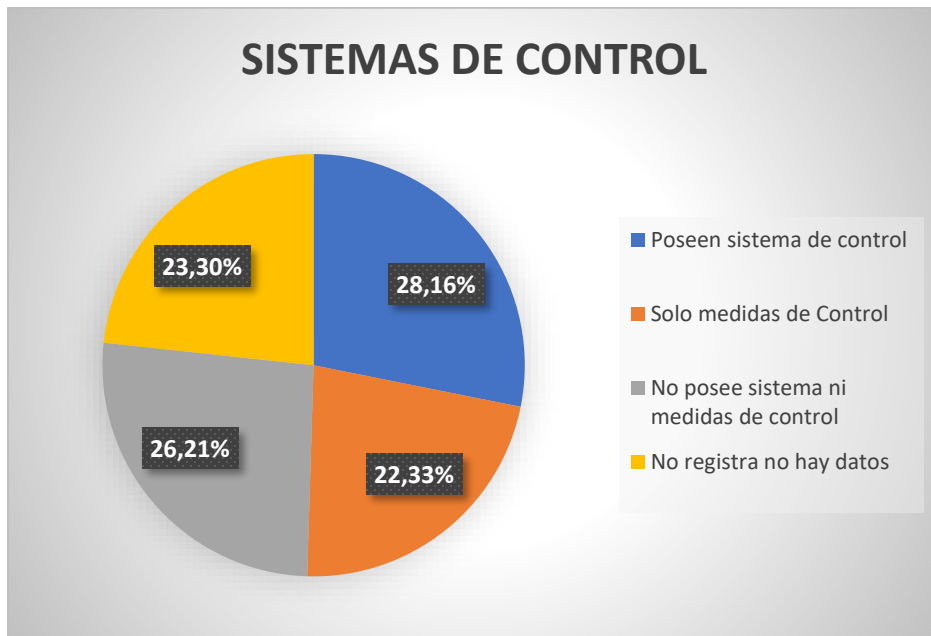
Dentro del Protocolo se determinan ciertos sistemas de control que, aunque no es un listado absoluto, se recomiendan con el fin de reducir la concentración de los

contaminantes emitidos a la atmosfera, estos más que todo vinculados a la quema de combustibles y uso de hornos, dentro de los cuales se tiene:

- Ciclones
- Precipitadores electrostáticos
- Quemador de gases
- Sistemas de captura y destrucción de sustancias contaminantes (filtros biológicos para la destrucción de compuestos orgánicos volátiles por tratamiento biológico entre otros)
- Sistemas de captura y recuperación de sustancias contaminantes
- Incinerador para destrucción de sustancias contaminantes
- Lavador húmedo
- Lavador Venturi
- Sistemas de oxidación térmica
- Sistemas de oxidación catalítica
- Adsorción de carbón activado
- Absorción
- Condensación

Con base en lo anterior, se hizo la revisión en cada permiso de emisión y documentos anexos por las empresas, de los sistemas de control para sus actividades, encontrando las cifras que se especifican en la Gráfica 15.

Gráfica 15: Porcentajes resultados de sistemas de control implementados



Fuente: Elaboración propia a partir de base de datos CorpoBoyacá, 2022

EL 28,16% de los permisos cuentan con sistemas de control, como los especificados en el Protocolo de Control y Vigilancia, entre estos se pudo evidenciar la implementación en su mayoría de cámaras postcombustión o dispositivos quemadores de gases, donde se queman en su totalidad los contaminantes y luego son conducidos por ductos hacia la chimenea para ser evacuados a la atmosfera finalmente, se encontraron de igual forma filtros de mangas en las chimeneas, filtración por vía seca de tipo ciclón y vía húmeda con un filtro tipo Venturi, sistemas disipadores de gravedad, sedimentadores, precipitador electrostático y por ultimo cámaras de decantación.

La autoridad ambiental, en cumplimiento con la norma exige para la renovación del permiso el plan de contingencia en caso de que los sistemas dejen de funcionar o se les tenga que hacer mantenimiento; cabe aclarar que la mayoría de estos sistemas son implementados en la industria de producción de coque, esto por el uso común de hornos de cocción.

El 22,33% de los permisos pese a no contar con sistemas de control como los establecidos anteriormente, cuentan con medidas de control de acuerdo a las

actividades de cada empresa, esto se da mayormente en empresas de acopio, molienda y trituración de carbón, piedra caliza o algún otro mineral como métodos de control de material particulado; se controla la velocidad de los vehículos de cargue y descargue además de camiones carpados, la humectación de vías y pilas de acopio, barreras ambientales artificiales, por último, confinamiento de áreas de trituración y molienda.

Finalmente se tiene que, el 26,21% de los permisos no cuenta con sistemas de control de emisiones reportados a Corpoboyacá y en el 23,30% no hay registro alguno de datos de control de emisiones, esto debido a que en algunos expedientes no se encontraba completa esta información en el acto de otorgamiento o las medidas de control estaban expuestas en CD's a los que no fue permitido el acceso a la información.

3.5 TECNOLOGÍAS LIMPIAS

Dentro de la Resolución 909 del 2008 y el Protocolo de Vigilancia y Monitoreo se dispone sin objeto de obligación, convenios o Planes de Reconversión a Tecnologías Limpias por parte de las industrias, esto es, cambios parciales o totales en los procesos de producción como estimativo de la reducción o minimización de las emisiones contaminantes a la atmosfera, tanto en su cantidad como en su toxicidad y peligrosidad, antes de ser tratados por los equipos de control, así mismo, el uso de procesos de combustión o el uso de combustibles mas limpios. En la revisión de los permisos se encontró que, en su totalidad, ninguna empresa con PEAFF cuenta con planes de reconversión a tecnologías limpias.

3.6 COMPENSACION AMBIENTAL

Dentro de la revisión de expedientes de PEAFF, se buscó identificar formas de compensación ambiental que las industrias realizaran debido a sus emisiones, que así no sobrepasen en su mayoría las concentraciones indicadas por la norma es evidente que generan un impacto en la calidad del aire de cada municipio y aportan a la emisión de gases de efecto invernadero; de acuerdo a lo anterior, en los

expedientes no se identificó manera alguna de compensación ambiental por parte de las empresas, no se está retribuyendo en alguna medida las descargas realizadas.

Sin embargo, dentro de la revisión y búsqueda de información se pudo identificar un proyecto creado en asociación con Corpoboyacá y algunas empresas reconocidas del corredor llamado “Asociación Mecanismo Regional para la Reducción de Emisiones”, el cual corresponde a la materialización de acciones voluntarias de reducción de emisiones de GEI.

Según la información suministrada por la representante del proyecto en Corpoboyacá, la Asociación Mecanismo Regional de Reducción de Emisiones es una agremiación de 24 empresas de diferentes sectores productivos con sede en Boyacá que tiene como objeto promover acciones para la prevención, el control y disminución de los efectos relacionados con el cambio climático y las emisiones de carbono en la región.

Dentro de la asociación se encuentran las siguientes empresas:

- Acerías Paz del Río
- Cementos Argos
- Holcim Colombia
- Bavaria – Cervecería de Boyacá
- Gerdau Diaco
- Compañía Eléctrica de Sochagota S.A. E.S.P.
- Cargando S.A.
- Asocoque
- C.I. Milpa
- Carbones Andinos
- Grupo Coquecol
- Sanoha: Minería y Medio Ambiente
- Metales y Procesos – MEPSA
- Ciprodyser

- Inversiones Foncarbon
- Limar Coal
- Francoal
- Inversiones Eldorado
- Grapas y Puntillas El Caballo
- JAM International
- Inversiones Ladrillos Maguncia
- Carbones Montiel
- Fosfatos de Boyacá
- Cementos Nacionales
- Grupo Siderúrgico Reyna

Básicamente el objetivo de la autoridad ambiental, luego de haber desarrollado una consultoría en la que se realizaron talleres participativos con diferentes empresas de la región, es el de incentivar acciones de mitigación al cambio climático con un valor agregado que es el mercado de bonos de carbono que por una parte representa un ingreso a aquellos actores que logran tener un desempeño óptimo en materia de emisiones de GEI, pero adicionalmente es colaborativo respecto a aquellos actores que no logran cumplir una meta de reducción y pueden adquirir esos cupos o compensarlos pues hay que tener en cuenta que muchos procesos industriales a pesar de los mayores esfuerzos de mitigación no podrán reducir sus emisiones de GEI (Corpoboyacá, 2022).

En la Resolución 3007 de 2019 se crea este Mecanismo como medida voluntaria de mitigación de emisiones del sector industrial de Boyacá, con una meta general de reducción concertada en 20% al año 2030 teniendo en cuenta lo siguiente:

- Tiene un horizonte de operación de 12 años contados a partir de 2019.
- Cada empresa deberá realizar la medición anual de emisiones y certificarlas para proceder a cuantificarlas en cuotas de emisión y créditos de reducción de emisiones.

- Para el primer periodo de medición las empresas participantes no podrán incrementar en más del 2% anual sus emisiones.
- Cada cuota corresponderá a una tonelada de CO₂ equivalente emitida a la atmosfera.

Hitos Principales de la Asociación

- Línea Base de huella de carbono certificada por ICONTEC.
- Reconocimiento de la Asociación en el Programa de Carbono neutralidad del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.
- Reconocimiento Sello Verde de Verdad a las 24 empresas por parte de CO2cero.
- Medición de huella de carbono años 2020 y 2021 con el objetivo de realizar simulación del mercado de carbono a finales de 2022.

Retos 2023

- Realizar la caracterización energética de las empresas con miras a identificar oportunidades de eficiencia.
- Construir el plan de mitigación por empresa el cual debe ir acorde a las metas sectoriales con base en lo previsto por el Gobierno en la NDC.
- Revisión de la Resolución 3007 de 2019 con base en el trabajo realizado en el período 2019 – 2022 y fijar la meta de reducción para el período 2023 - 2026.
- Materialización de las transacciones de bonos de carbono.

4 CONCLUSIONES

- De acuerdo a la recolección y categorización de la información, se encontró que el corredor industrial del departamento de Boyacá posee 35.520 unidades empresariales dentro de actividades como comercio, manufactura y servicios. De estas tan solo 1098 se encuentran catalogadas como actividades industriales.
- Se pudo evidenciar que el corredor, predomina la figura de microempresa en todos los municipios esto debido a la capacidad económica de sus creadores lo que evita un crecimiento económico y la generación de nuevos empleos y oportunidades para sus habitantes.
- Se hizo notorio los municipios con mayor actividad industrial por sus características sociodemográficas, como los son Tunja, Duitama y Sogamoso quienes tuvieron la mayor representatividad respecto a unidades empresariales con 13272, 7859 y 7675 respectivamente.
- Sotaquirá, Combita y Tuta son los municipios en donde menor presencia de unidades empresariales se evidencio, pues cuentan con 132, 200 y 203 unidades respectivamente; estos municipios a demás de su corta extensión en términos de área, son lugares cerca a grandes urbes, por lo que el desarrollo empresarial esta limitado y su población tiende a migrar a ciudades con mejores oportunidades.
- A nivel empresarial, queda en evidencia que algunos municipios con menor población y área geográfica tiene mayor actividad empresarial casos como el de Nobsa y Samacá, y casos de municipios cercanos a grandes centros de consumo que los opaca la producción de los grandes y prefieren ser consumidores que productores como Oicatá, Combita, Sotaquirá

- La actividad comercio al por mayor y al por menor de alimentos y bebidas en establecimientos como tiendas, supermercado y demás, es la principal actividad en cuanto a unidades empresariales.
- Respecto a actividades industriales se encontró que actividades de minería como la extracción de hulla y otros minerales son las actividades predominantes encontradas en el corredor seguido de la producción de coque metalúrgico, piedra caliza y actividades de manufactura de productos metálicos.
- Solo el 9,8% de las unidades empresariales industriales del corredor cuentan con permisos de emisiones atmosféricas, lo que deja en evidencia la falta de control para las empresas que están generando descarga de contaminantes a la atmosfera susceptibles a sobrepasar los límites exigidos por la norma, además de no contar con la vigilancia y el control de sus procesos con el fin de mitigar sus impactos en el medio.
- Si bien, en los permisos atmosféricos para fuentes fijas, el 98,1% de los datos tomados en los últimos estudios isocinéticos no sobrepasan los estándares permisibles y las empresas cumplen con lo especificado en la norma en ese sentido, las cantidades diarias emitidas deterioran la calidad de aire de cada municipio, en el caso de Sogamoso o Nobsa por el uso excesivo de hornos de combustión reflejado en la nube de smog que se posiciona sobre su territorio y en la que sus habitantes respiran diariamente.
- Respecto a la gestión realizada por la autoridad ambiental Corpoboyacá, se expone en los documentos el acto de otorgar los permisos ambientales cuando la empresa sobrepasó los estándares permisibles de concentración de contaminantes aun así los permisos fueron otorgados en dos casos específicos sin cumplir dicho criterio.

- Se evidencia como avalan los permisos a empresas que carecen de un sistema de control de emisiones, solicitando la adopción de este sin verificar el cumplimiento posteriormente del requerimiento, incluso se encontró un permiso el cual se aprobó y 4 años después seguía sin adoptarse un sistema de control para sus hornos.
- No se evidencio actos de reconversión a tecnologías limpias ni sistemas de compensación ambiental, pues como no se plasma la obligatoriedad de esto en la normativa, las empresas solamente se limitan a cumplir con lo necesario para obtener el permiso dejando a un lado acciones para mitigar sus impactos.
- La Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono y el programa Carbono Neutral con su proyecto E2050 son algunas de las acciones que se encontraron en donde la Gobernación de Boyacá y los municipios del corredor industrial de Boyacá se incorporaron para asumir el compromiso de desligar su crecimiento económico de la producción de gases de efecto invernadero esto en concordancia con los Objetivos de Desarrollo Sostenible que Colombia estableció, como el objetivo 7. Energía asequible y no contaminantes, el 12. Ciudades y comunidades sostenibles y el 13. Acción por el clima, para lo que fue imprescindible los esfuerzos por afianzar la relación entre actividades productivas, sostenibilidad, conservación, reducción de impactos ambientales y mitigación del cambio climático, programas que actualmente están iniciando su trayectoria pero que se espera que con su gestión se logre un cambio significativo y la disminución de emisiones de GEI en el departamento.

5 RECOMENDACIONES

- A las alcaldías de los municipios se recomienda mayor inversión y atención en las microempresas, puesto que si se brinda a los empresarios de oportunidades y opciones con las que pueden mejorar sus empresas estas crecerán, generando nuevos empleos, oportunidades y mejorando la economía del municipio.
- Se recomienda mayor rigurosidad para el aval de los permisos de emisiones de fuentes atmosféricas, la autoridad ambiental debería realizar sus propios estudios isocinéticos y no limitarse a los datos aportados por las empresas, y de ninguna forma otorgar un permiso cuando los estándares permisibles de emisiones sean sobrepasados.
- Se recomienda un mayor control por parte de la autoridad ambiental respecto a los requerimientos dados a las empresas en el acto de otorgamiento del permiso, pues una vez se expide este, el control por parte de la autoridad es deficiente lo que conlleva a los empresarios a no tomar medidas de forma rápida y eficiente para cumplir con todo lo indicado en el permiso, es por esto que diariamente siguen emitiéndose grandes concentraciones de contaminantes sin un control riguroso ni medidas de mitigación.
- Se recomienda a Corpoboyacá la creación de una base de datos accesible para quienes consulten todo tipo de expedientes de la entidad, pues estos expedientes se encuentran de forma física archivados en oficinas y para la captura de datos no es permitido revisar cd's o medios magnéticos que guarden información, por lo que no se pudo obtener el 100% de la información de ellos permisos pues estaban contenidos en estos dispositivos, la creación de una base de datos con los estudios isocinéticos completos y los datos reportados

facilitaría en gran medida la posibilidad de realizar un estudio más certero acerca de la cuantificación de emisiones del sector industrial.

- A futuros proyectos que busquen mitigar los impactos del cambio climático y la contaminación atmosférica en el departamento, como lo es el E2050 o el programa de carbono cero, se recomienda centrar sus acciones en medidas enfocadas al control de emisiones, puesto que si se toma de manera eficiente medidas desde la fuente de emisión, no serán extenuantes los esfuerzos posteriores por encontrar soluciones de mitigación y compensación ambiental que ayuden a la calidad de aire en el corredor industrial.

6 BIBLIOGRAFÍA

- Agust, F. (2020). *Plan de Desarrollo Municipal de Paipa*.
- Alberto, H., Vega, V., Valderrama Gómez, A., Naspiran, J. N., Leidy, P., & Giral Quesada, A. (2021). *Tejido Empresarial Sogamoso*.
- Alcaldía Mayor de Tunja. (2020). *Plan de Desarrollo Municipal de Tunja 2020-2023*.
- Aránguez, E., Ordóñez, J. M., Serrano, J., Aragonés, N., Fernández-Patier, R., Gandarillas, A., & Galán, I. (1999). Contaminantes atmosféricos y su vigilancia. *Revista Española de Salud Pública*, 73(2), 123–132. <https://doi.org/10.1590/s1135-57271999000200003>
- Barcelona, C. S. de. (2020). *Indicadores atmosféricos*. 3(2).
- Bedoya, J., & Martínez, E. (2009). Calidad del aire en el valle de aburrá Antioquia-Colombia. *DYNA (Colombia)*, 76(158), 7–15
- Bernal, N. E. B., Molina, Ó. G., & Ruiz, D. F. N. (2021). *Gestión del conocimiento y la innovación para el desarrollo local; Municipio de Samaca*.
- Camino hacia carbón neutral visiones Colombia 2050 (2021) Catalogo de aclaraciones de descarbonización en los sectores energía y transporte de Colombia, Edición 2021.
- Center for Climate and Resilience Research, 2019. Disponible en <https://www.cr2.cl/que-es-la-descarbonizacion/>
- Combita, A. M. (2023). *PLAN DE DESARROLLO MUNICIPAL “CÓMBITA SOMOS MÁS.”* 5, 1–192.
- Concejo Municipal de Tuta. (2020). Plan de Desarrollo-Municipio de Tuta 2020-2023. *Alcaldía de Tuta*.
- CORPOBOYACA. (2009). Plan de Gestión Ambiental Regional - PGAR 2008-2019. In Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y del San Jorge. Retrieved from <https://www.corpoboyaca.gov.co/cms/wp-content/uploads/2015/10/pgar-final.pdf>
- Duitama, C. de C. (2020). *Caracterización Municipal Sotaquirá*.
- Económicos, D. de P. y E.-C. de C. T. (2021). *Caracterización Del Tejido*

Empresarial De Samacá.

Gerencia, D. (n.d.). *CRITERIOS DE IMPLEMENTACIÓN ISO 14001:2015 ESTUDIO DE CASO SECTOR PRODUCCIÓN DE CAL, NOBSA BOYACÁ.* www.urbipedia.org/hoja/Horno_de_cal.

Instituto de Hidrología, M. y E. A.-I. S. D. M. 1. (2007). *INFORMACIÓN TECNICA SOBRE GASES DE EFECTO INVERNADERO Y EL CAMBIO CLIMÁTICO.*

Internacionales, N. (2022). *Emisiones de Dióxido de Azufre (SO 2).* 1–7.

Issn, L. A. (2012). *Diagnóstico y control de material particulado: partículas suspendidas totales y fracción respirable pm 10 * César Augusto Arciniégas Suárez 1.* 34, 195–213.

León, C. R. (2019). The industrial sector of Duitama, contributions to its characterization. *Kepes*, 16(20), 483–522. <https://doi.org/10.17151/kepes.2019.16.20.18>

Luis, J., & Montealegre, B. (2015). Plan de Desarrollo Municipal. *Alcaldía Municipal De Rivera*, 4, 1–137. <http://www.rivera-huila.gov.co/apc-aa-files/65613064376135623434653162323934/pdm.pdf>

Milena, S., & Roperó, F. (2019). *de la ciudad de Tunja , basado en la metodología de emprendimiento (BUNT).* 89–103.

Nobsa, C. M. de. (2023). *Plan de Desarrollo Municipal de Nobsa.* 1–272.

ORGANIZACIÓN METEOROLÓGICA MUNDIAL. Preguntas frecuentes-Clima. [en línea]. [consultado 05 agosto. 2022]. Disponible en < <https://public.wmo.int/es/preguntas-frecuentes-clima>>

GRUPO INTERGUBERNAMENTAL DE EXPERTOS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO. Cambio Climático

2014: Impactos, adaptación y vulnerabilidad. [informe técnico]. [en línea]. [consultado 05 agosto. 2022].]. Disponible en https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg2/ar5_wgII_spm_es.pdf 40 p.

Han, L., Zhou, W., Pickett, S. T. A., Li, W., & Qian, Y. (2018). Multicontaminant air pollution in Chinese cities.

Bulletin of the World Health Organization, 96(4), 233-242E.

<https://doi.org/10.2471/BLT.17.195560> IBÁRCENA ESCUDERO, Mariana y SCHEELJE BRAVO, José Mauricio. El cambio climático principales causantes, consecuencias y compromisos de los países involucrados. [en línea]. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/ARTICLE/WFC/XII/0523-B2.HTM>

IDEAM. (2012). Estado de la Calidad del Aire en Colombia 2007-2010. Bogotá, D.C

IPCC, 2018: Annex I: Glossary [Matthews, J.B.R. (ed.)]. In: Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield (eds.)].

KRESIC, Neven. Groundwater Resources: Sustainability, Management, and Restoration. Base de datos Access Engineering. [base de datos en línea]. McGraw-Hill Professional, 2009. [consultado 05 agosto. 2022]. Disponible en <https://accessengineeringlibrary.com/browse/groundwater-resources-sustainability-management-and-restoration#p20016e5c99700iv001>

Organización Mundial de la Salud –OMS-. 2005. Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, al ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre. 2005.

PANEL INTERGUBERNAMENTAL DE EXPERTOS SOBRE CAMBIO CLIMÁTICO. Glosario. [en línea]. [consultado 05 agosto. 2022]. Disponible es < https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/08/WGI_AR5_glossary_ES.pdf>

Rojas, F. G. (2023). *Plan de Desarrollo Municipal “ Oicatá Crece en Buenas Manos*

VANEK, Francis; LOUIS, Albright y LARGUS, Angenent. *Energy Systems Engineering: Evaluation and Implementation. Base de datos Access*

Engineering. [base de datos en línea]. Segunda edición. McGraw-Hill Professional, 2012. [consultado 05 agosto. 2022].

Silva, F. U. (2004). Optimización de la Combustion De Un Horno De Llama Invertidad con el Diseño de un Sistema de Control”

