

**ACTUALIZACIÓN DEL INVENTARIO DE EMISIONES AL AIRE Y MODELACIÓN DE
DISPERSIÓN DE CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS EN ZONAS DE INTERÉS EN
LA JURISDICCIÓN DE CORNARE**

CONVENIO INTERADMINISTRATIVO DE COLABORACIÓN No. 141-2023

**INFORME FINAL – ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES DE CONTAMINANTES
PARA LAS EMPRESAS CON INFORMACIÓN EN LOS EXPEDIENTES DE LA
CORPORACIÓN**

UNA ALIANZA ENTRE:



MEDELLÍN, OCTUBRE 2023

ACTUALIZACIÓN DEL INVENTARIO DE EMISIONES AL AIRE Y MODELACIÓN DE DISPERSIÓN DE CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS EN ZONAS DE INTERÉS EN LA JURISDICCIÓN DE CORNARE

La Corporación Autónoma Regional de las cuencas de los ríos Negro y Nare – CORNARE, como máxima autoridad ambiental encargada del manejo, administración, protección y control de los recursos naturales en el oriente Antioqueño; en su quehacer promueve el fortalecimiento de alianzas estratégicas con entidades públicas y privadas que permitan el acercamiento, articulación y ejecución de proyectos y programas que contribuyan al desarrollo sostenible del medio ambiente en la región.

Por su parte, la Universidad de Antioquia para la prestación del servicio público de educación y el cumplimiento de sus ejes misionales de docencia, extensión e investigación, lo hace a través de programas y proyectos, también hace tangibles los objetivos de la extensión de transferir y aportar a la apropiación social del conocimiento, y contribuir así a la promoción del desarrollo regional y mejorar la calidad de vida de la población tal como reza en sus acuerdos y estatutos.

Una de las principales problemáticas medioambientales es la gestión del recurso aire y el desarrollo de herramientas que permitan generar información útil para la planificación de sistemas de gestión y Sistemas de Vigilancia de la Calidad del aire; en este sentido, la elaboración de herramientas de gestión de la calidad del aire como los son los inventarios de emisiones representan insumos para la modelación de las emisiones contaminantes a medida que se dispersan y reaccionan; además, de que permiten la consolidación de estrategias, y la elaboración e implementación de marcos normativos a partir de los resultados obtenidos.

Dicho lo anterior, el convenio interadministrativo No. 141-2023 entre CORNARE y la Universidad de Antioquia, tiene como objetivo realizar la actualización del inventario de emisiones al aire y la modelación de dispersión de contaminantes atmosféricos en zonas de interés en la jurisdicción de CORNARE. Este convenio, además, hace parte del plan de acción institucional y está inscrito en el proyecto "Formulación e implementación del plan de prevención, reducción y control de la contaminación del aire".

Este documento contiene los resultados de la actualización del inventario de emisiones atmosféricas.

TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE TABLAS.....	5
LISTA DE FIGURAS	7
INTRODUCCIÓN.....	10
1 METODOLOGÍA	11
1.1 AÑO BASE.....	11
1.2 DOMINIO GEOGRÁFICO	11
1.3 FUENTES DE EMISIÓN	12
1.4 FUENTES DE INFORMACIÓN.....	13
1.4.1. Revisión y análisis de bases de datos de inventarios de emisiones previos y de información que reposa en los expedientes de la corporación.....	13
1.4.2. Revisión de la información aportada en la base de datos de licencias ambientales otorgadas por la Corporación.....	13
1.4.3. Revisión e identificación de las vías principales a ser tenidas en cuenta para la estimación de las emisiones asociadas a fuentes móviles.....	14
1.5 ESTIMACIÓN DE CONTAMINANTES.....	14
1.5.1. Estimación de la Emisiones asociadas a fuentes fijas puntuales	15
1.5.2. Fuentes fijas dispersas o difusas.....	17
1.5.3. Fuentes fijas de área	25
1.5.4. Fuentes móviles	29
2 RESULTADOS.....	39
2.1 Fuentes fijas puntuales	39
2.1.1. LISTADO GENERAL DE EMPRESAS.....	39
2.1.2. EMPRESAS IDENTIFICADAS POR SECTORES PRODUCTIVOS.....	41
2.1.3. FUENTES FIJAS PUNTUALES IDENTIFICADAS.....	44
2.1.4. FUENTES IDENTIFICADAS POR TIPO DE EQUIPO	46
2.1.5. EMISIONES TOTALES DE CONTAMINANTES Y GEI PARA FUENTES FIJAS PUNTUALES	48
2.1.6. Valles de San Nicolás.....	51
2.1.7. Páramo	68
2.1.8. Porce-Nus.....	69
2.1.9. Aguas.....	69
2.1.10. Demanda energética	69
2.2 fuentes fijas dispersas o difusas.....	72
2.3 fuentes fijas de área.....	80
2.3.1. VENTA DE COMBUSTIBLE.....	80
2.3.2. EMISIONES DE COV's GENERADAS POR LAS ESTACIONES DE SERVICIO. ...	82
2.3.3. RELACIÓN DE VENTAS DE COMBUSTIBLES CON EMISIONES DE COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES POR SUBREGIÓN.	84
2.4 Fuentes móviles	93
2.4.1. Emisiones de contaminantes	93
3 CONCLUSIONES.....	97
3.1 FUENTES FIJAS PUNTUALES	97

3.2	fuentes fijas de área	98
3.3	fuentes fijas difusas	98
3.4	fuentes móviles	99
4	DESCRIPCIÓN DE ANEXOS	99
4.1	BD_CC_CORNARE	99
4.2	BD_IEmisiones_CORNARE	100
3.2.1.	InformaciónBaseEmpresas	100
3.2.2.	EmisionesFFP (kg-h)	100
3.2.3.	FactoresE_FFP	100
3.2.4.	Emisiones (ton-año)	100
3.2.5.	Análisis_Fuentes_Sectores	101
3.2.6.	FactoresE_FFE	101
3.2.7.	EmisionesFFD	101
3.2.8.	FactoresEmisiónFFD	101
3.2.9.	FactoresE_EDS	101
3.2.10.	EmisionesEDS	101
5	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	102

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Contaminantes criterios evaluados en el inventario de emisiones atmosféricas.	14
Tabla 2. Clasificación de minerales.....	18
Tabla 3. Procesos y subprocesos de extracción de minerales en fuentes fijas dispersas.	18
Tabla 4. Parámetros asociados a la manipulación y almacenamiento de material.	21
Tabla 5. Datos de porcentaje de humedad y limo (% de partículas sedimentables) en función del material tratado.....	21
Tabla 6. Factor de emisión para canteras y minería con extracción de roca, arena y arcilla.	22
Tabla 7. Factores de emisión para procesamiento de concreto.	23
Tabla 8. Factores de emisión para trituración de rocas y finos.....	23
Tabla 9. Factores de emisión a utilizar en la estimación de las emisiones atmosféricas. .	28
Tabla 10. Tramos de vía obtenidos del INVÍAS con sus respectivos TPD.....	30
Tabla 11. Categorías vehiculares para las cuáles se tiene conteo vehicular	31
Tabla 12. Conteo de vehículos para las vías pertenecientes a la jurisdicción de la Corporación que cuenta con información.....	32
Tabla 13. Sectores productivos identificados.	41
Tabla 14. Número de empresas identificadas por sector productivo.	43
Tabla 15. Número de empresas por sector productivo que se encuentran registradas en las Subregiones.....	43
Tabla 16. Tipos de equipos identificados	46
Tabla 17. Número de fuentes identificadas por tipo de equipo.....	47
Tabla 18. Número de fuentes identificadas por tipo de equipo en las subregiones de CORNARE.....	47
Tabla 19. Emisiones totales de contaminantes asociadas a fuente fija puntuales.....	49
Tabla 20. Emisiones de contaminantes criterio en ton/año en la subregión Páramo.	68
Tabla 21. Emisiones de gases de efecto invernadero en ton/año en la subregión Páramo.	68
Tabla 22. Demanda energética de las fuentes industriales	69
Tabla 23. Demanda energética por sector productivo y tipo de combustible	70

Tabla 24. Número de empresas identificadas según el tipo de mineral explotado que se encuentran registradas en las subregiones.....	74
Tabla 25. Sectores productivos identificados	75
Tabla 26. Número de empresas identificadas por sector productivo	76
Tabla 27. Número de empresas por sectores productivos que se encuentran registradas en las Subregiones	76
Tabla 28. Emisiones totales por tipo de partícula asociado a fuentes fijas dispersas	77
Tabla 29. Venta de combustible por municipio en 2022.	81
Tabla 30. Emisiones de COV generada en las estaciones de servicio en (Ton/año).....	82
Tabla 31. Emisiones totales en Ton/año para los Contaminantes criterio por vía.....	93
Tabla 32. Emisiones totales en Ton/año para contaminantes tóxicos	95
Tabla 33. Emisiones totales en Ton/año para contaminantes climáticos.....	96

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Jurisdicción y subregiones de CORNARE.	12
Figura 2. Shape de vías extraído de INVÍAS para la modelación de fuentes móviles.....	31
Figura 3. Hoja de Flota en el Modelo IVE.....	37
Figura 4. Hoja de Localidad en el Modelo IVE	38
Figura 5. Hoja de cálculo en el Modelo IVE	39
Figura 6. Distribución de empresas identificadas por subregión	40
Figura 7. Número de empresas por municipio y por subregión	41
Figura 8. Distribución de empresas identificadas por sector productivo	43
Figura 9. Distribución de las empresas por sectores productivos identificadas para los municipios pertenecientes a las Subregiones de CORNARE.....	44
Figura 10. Distribución de fuentes fijas puntuales identificadas por Subregión	45
Figura 11. Número de fuentes identificadas en los municipios pertenecientes a las subregiones de CORNARE.....	45
Figura 12. Distribución de fuentes identificadas por tipo de equipo.....	47
Figura 13. Distribución de las fuentes identificadas por tipo de equipo en las subregiones de la jurisdicción de CORNARE.....	48
Figura 14. Emisiones totales de contaminantes criterio asociados a fuentes fijas puntuales por subregión.....	50
Figura 15. Emisiones de gases de efecto invernadero asociados a fuentes fijas puntuales por subregión.....	51
Figura 16. Emisiones de contaminantes criterios asociadas a fuentes fijas puntuales por municipio en el Valle de San Nicolás.	52
Figura 17. Emisiones de gases de efecto invernadero asociadas a fuentes fijas puntuales para los municipios de Valles de San Nicolás.....	53
Figura 18. Emisiones de contaminantes criterios asociadas a fuentes fijas puntuales por tipo de sector productivo en el Valle de San Nicolás.....	54
Figura 19. Emisiones de gases de efecto invernadero asociadas a fuentes fijas puntuales por tipo de sector productivo en el Valle de San Nicolás.....	55
Figura 20. Emisiones de contaminantes criterios asociadas a fuentes fijas puntuales por tipo de equipo en el Valle de San Nicolás.....	56

Figura 21. Emisiones de gases de efecto invernadero asociadas a fuentes fijas puntuales por tipo de equipo en el Valle de San Nicolás.....	57
Figura 22. Emisiones de contaminantes criterios asociadas a fuentes fijas puntuales por tipo de combustible en el Valle de San Nicolás.....	58
Figura 23. Emisiones de gases de efecto invernadero asociadas a fuentes fijas puntuales por tipo de combustible en el Valle de San Nicolás.....	59
Figura 24. Emisiones de contaminantes criterios asociadas a fuentes fijas puntuales en los municipios de Bosques.	60
Figura 25. Emisiones de gases de efecto invernadero asociadas a fuentes fijas puntuales para los municipios de Bosques.	61
Figura 26. Emisiones de contaminantes criterios asociadas a fuentes fijas puntuales por tipo de sector productivo en la subregión de Bosques.	62
Figura 27. Emisiones de gases de efecto invernadero asociadas a fuentes fijas puntuales por tipo de sector productivo en la subregión de Bosques.	63
Figura 28. Emisiones de contaminantes criterios asociadas a fuentes fijas puntuales por tipo de equipo en la subregión de Bosques.	64
Figura 29. Emisiones de gases de efecto invernadero asociadas a fuentes fijas puntuales por tipo de equipo en la subregión de Bosques.	65
Figura 30. Emisiones de contaminantes criterios asociadas a fuentes fijas puntuales por tipo de combustible en la subregión de Bosques.	66
Figura 31. Emisiones de gases de efecto invernadero asociadas a fuentes fijas puntuales por tipo de combustible en la subregión de Bosques.	67
Figura 32. Distribución energética (TJ) de las fuentes fijas	70
Figura 33. Distribución energética según el sector productivo	71
Figura 34. Distribución energética por actividad productiva y tipo de combustible	72
Figura 35. Distribución porcentual de empresas que cuentan con fuentes fijas dispersas por subregión.....	73
Figura 36. Número de empresas por municipio y por subregión.	74
Figura 37. Distribución por número de empresas identificadas según el tipo de mineral explotado que se encuentran registradas en las subregiones.....	75
Figura 38. Distribución de empresas identificadas por sector productivo.	76
Figura 39. Distribución de las empresas por sectores productivos identificadas para los municipios pertenecientes a las subregiones de CORNARE.	77

Figura 40. Emisiones totales de material particulado asociados a fuentes fijas dispersas por subregión.....	79
Figura 41. Emisiones totales de material particulado asociados a fuentes fijas dispersas por subregión y municipio.	80
Figura 42. Venta total de combustible (gasolina y ACPM) por subregión en 2022.	82
Figura 43. Emisión total de compuestos orgánicos volátiles por subregión de la corporación.....	84
Figura 44. Emisión de VOC asociada a las ventas de Diesel en la subregión Aguas.....	84
Figura 45. Emisión de VOC asociada a las ventas de gasolina en la subregión Aguas. ..	85
Figura 46. Emisión de VOC asociada a las ventas de Diesel en la subregión Bosques. ..	86
Figura 47. Emisión de VOC asociada a las ventas de gasolina en la subregión Bosques.	87
Figura 48. Emisión de VOC asociada a las ventas de Diesel en la subregión Páramo. ...	88
Figura 49. Emisión de VOC asociada a las ventas de gasolina en la subregión Páramo.	89
Figura 50. Emisión de VOC asociada a las ventas de Diesel en la subregión Porce-Nus.	90
Figura 51. Emisión de VOC asociada a las ventas de gasolina en la subregión Porce-Nus.	91
Figura 52. Emisión de VOC asociada a las ventas de Diesel en la subregión Valles de San Nicolás.....	92
Figura 53. Emisión de VOC asociada a las ventas de gasolina en la subregión Valles de San Nicolás.	93
Figura 54. Emisiones de contaminantes criterio por vía	94
Figura 55. Emisiones de contaminantes tóxicos por vía.....	96
Figura 56. Emisiones de CO2 eq por tipo de combustible.....	97

INTRODUCCIÓN

La elaboración de herramientas de gestión de la calidad del aire como lo son los inventarios de emisiones atmosféricas se encuentra respaldadas por la legislación y por criterios técnicos vigentes; dicho lo anterior, la medición directa de contaminantes generados por las fuentes, el uso de factores de emisión y la modelación de la calidad del aire representan insumos para la consolidación de estrategias y la elaboración e implementación de marcos normativos a partir de los resultados obtenidos, y la planificación de Sistemas de Gestión y Vigilancia de la Calidad del Aire. En este sentido, la estimación de las emisiones atmosféricas debe ser complementada con la representación de los procesos que sufren los contaminantes a medida que se dispersan e interactúan con la atmósfera; a fin de incrementar la efectividad de las medidas a implementar. Para esto se hace necesaria la estimación de la zona de influencia de las fuentes de emisión por medio de estudios que brinden información del comportamiento de los contaminantes emitidos.

El Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del aire propone realizar inventarios de mediciones atmosféricas, ya que estos permiten cuantificar las emisiones generadas por un grupo de fuentes y actividades de interés, además, caracterizar tales emisiones, de acuerdo con el tipo de fuente y el tipo y cantidad de contaminantes emitidos en un área geográfica y en un intervalo de tiempo determinado. (Gaitán & Cárdenas, 2017).

Es por esto que, en el año 2015 se llevó a cabo en algunas subregiones de la Corporación la actualización del inventario de emisiones atmosféricas y la necesidad de implementar una red de monitoreo de calidad del aire fue clara debido a que, por las dinámicas sociales y económicas, las concentraciones de los contaminantes atmosféricos medidos aumentaron. Por lo anterior, desde el año 2020 se vienen monitoreando distintos contaminantes atmosféricos, además, la Resolución 2254 de 2017 en su artículo 6, párrafo 3, propone el uso de modelos de dispersión de contaminantes como una medida complementaria al monitoreo y seguimiento de la calidad del aire. Estos modelos de dispersión son herramientas que permiten simular y predecir cómo se propagan los contaminantes en la atmósfera, además, posibilitan calcular cómo es la distribución espacial y temporal de estos contaminantes según las fuentes de emisión, brindando así información técnica que ayuda al planteamiento de estrategias de control y mitigación de la contaminación del aire.

El convenio interadministrativo No. 141-2023 entre CORNARE y el Grupo de Investigación y Laboratorio de Monitoreo Ambiental – GLIMA de la Universidad de Antioquia, tiene como objetivo realizar la actualización del inventario de emisiones al aire y la modelación de dispersión de contaminantes atmosféricos en zonas de interés en la jurisdicción de CORNARE. Este convenio, además, hace parte del plan de acción institucional y está inscrito en el proyecto "Formulación e implementación del plan de prevención, reducción y control de la contaminación del aire". El presente informe contiene los resultados obtenidos en relación con la actualización del inventario de emisiones atmosféricas en la jurisdicción de CORNARE para fuentes puntuales y fuentes móviles.

1 METODOLOGÍA

En los últimos años las dinámicas sociales y económicas de la región en jurisdicción de CORNARE están aumentando su ritmo, esto se evidencia a través de los aumentos del parque automotor en gran parte de los municipios de la región y el establecimiento de nuevas actividades productivas (sector primario, manufactura y servicios) así como el traslado desde el Valle de Aburrá hacia el Oriente Antioqueño de empresas de diversos renglones de la economía que son susceptibles de generar contaminantes atmosféricos que provocan impactos importantes en la calidad del aire de la región. Es por esto que, se hace necesario actualizar el inventario de emisiones atmosféricas, para conocer el aporte de los contaminantes generados por diferentes sectores productivos.

1.1 AÑO BASE

El año base para la realización de la actualización de este inventario comprende información vigente entre enero y diciembre del año 2022. Para la obtención de esta información se llevó a cabo una revisión de expedientes, informes de control y seguimiento y evaluaciones técnicas que se le han realizado a las empresas y están disponibles en el sistema virtual CONNECTOR y en la DVDTEKA.

1.2 DOMINIO GEOGRÁFICO

La zona de estudio en la cual se realiza la actualización del inventario de emisiones abarca las cinco subregiones de CORNARE, las cuales están ubicadas en el Oriente del Departamento de Antioquia, extremo Noroccidental del país; y se describen a continuación:

- **Valles de San Nicolás:** Esta subregión la conforman los municipios de Guarne, El Carmen de Viboral, El Retiro, El Santuario, La Ceja, La Unión, Marinilla, Rionegro y San Vicente, los cuales suman un área de 176.600 hectáreas, 31.400 de ellas son urbanas y 145.200 son rurales.
- **Bosques:** Esta subregión la integran los municipios de Cocorná, San Francisco, San Luis, y Puerto Triunfo. Juntos suman un área de 162.700 hectáreas, 2.200 de estas se encuentran en zona urbana y 160.500 en zona rural.
- **Aguas:** Está conformada por los municipios de El Peñol, Granada, Guatapé, San Carlos y San Rafael, sumando un área de 146.500 hectáreas de las cuales 4.600 están ubicadas en zona urbana y 141.900 en zona rural.
- **Porce – Nus:** Cuenta con un área de 101.700 hectáreas, 7.200 de estas pertenecen a zona urbana, mientras que, 94.500 están ubicadas en zona rural. Esta subregión está conformada por los municipios de Alejandría, Concepción, San Roque y Santo Domingo.

- Páramo:** Esta subregión abarca los municipios de Abejorral, Argelia, Nariño y Sonsón; y cuenta con una extensión de 240.200 hectáreas de las cuales 6.600 se encuentran en zona urbana y 233.600 en zona rural.

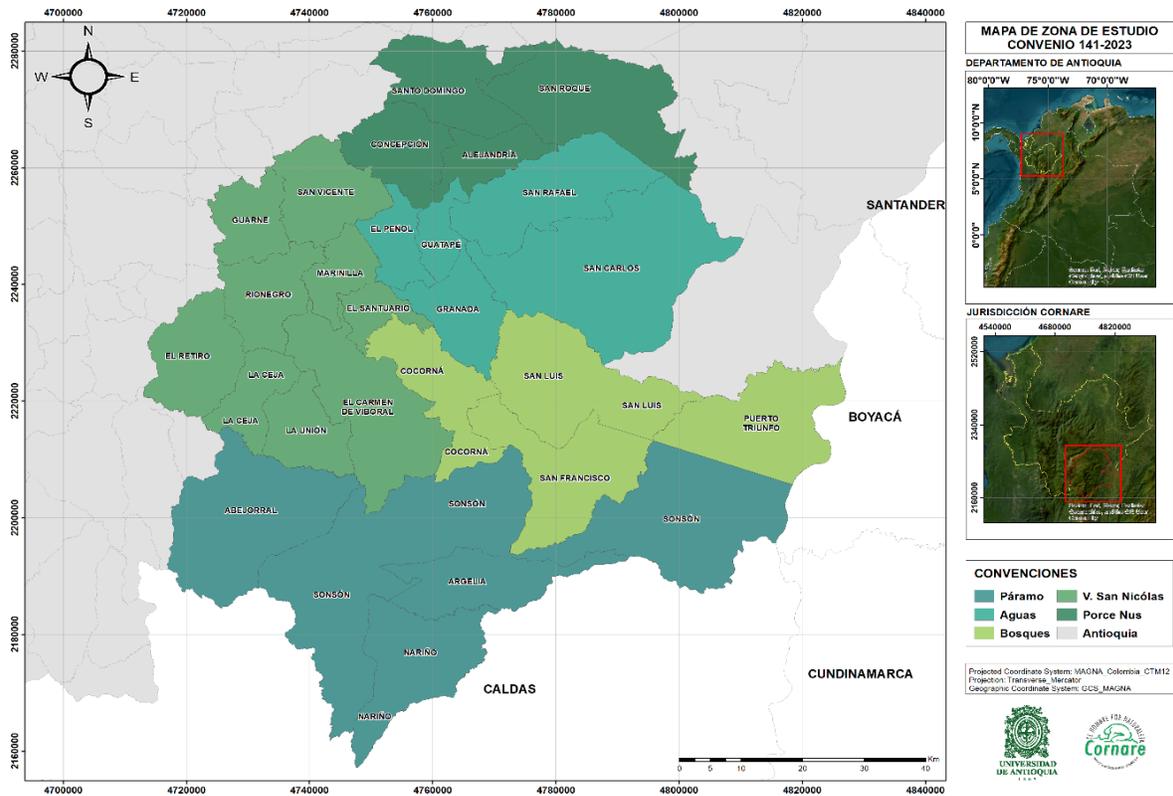


Figura 1. Jurisdicción y subregiones de CORNARE.

1.3 FUENTES DE EMISIÓN

Esta actualización tiene como objetivo evaluar las emisiones de contaminantes atmosféricos provenientes de dos tipos de fuentes: **fuentes fijas**, que se dividen en puntuales (chimeneas o ductos); dispersas, que se caracterizan por su ubicación fija e inamovible; y fuentes fijas de área, como lo son las estaciones de servicio de combustible y los rellenos sanitarios. Por otro lado, también se consideran las emisiones generadas por **fuentes móviles** terrestres, principalmente relacionadas con las emisiones de vehículos, las cuales son susceptibles al desplazamiento.

Según la guía para la elaboración de inventarios de emisiones emitida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) en el año 2017, las fuentes fijas pueden clasificarse en:

- **Fuentes fijas puntuales:** son todas aquellas que emiten contaminantes al aire por ductos o chimeneas. Por ejemplo, sector industrial químico, petrolero, químico petrolero, de pinturas y tintas, productor de celulosa y papel, de hierro, acero, vidrio, entre otros.
- **Fuentes fijas dispersas o difusas:** aquellas donde los focos de emisión se dispersan en un área, por razón del desplazamiento de la acción causante de la emisión. Por ejemplo, las quemas abiertas controladas en zonas rurales o las emisiones de actividades de explotación minera a cielo abierto.
- **Fuentes fijas de área:** zona o región, urbana suburbana o rural, que, por albergar múltiples fuentes fijas de emisión, es considerada como un área especialmente generadora de sustancias contaminantes del aire.
- **Fuentes móviles:** Son las fuentes que, por razón de su uso o propósito, son susceptibles a desplazarse, cómo los automotores o vehículos de transporte a motor de cualquier naturaleza (p.ej.: automóviles, camiones, trenes, barcos, trenes, aviones, etc.)

1.4 FUENTES DE INFORMACIÓN

1.4.1. Revisión y análisis de bases de datos de inventarios de emisiones previos y de información que reposa en los expedientes de la corporación

Para la determinación de las fuentes fijas puntuales a ser incluidas en la actualización del inventario de emisiones se realizaron las siguientes actividades:

Se hizo la revisión de inventarios de emisiones realizados previamente por CORNARE y de expedientes de las empresas que hacen parte de las zonas geográficas en la jurisdicción de la Corporación. En esta parte se extrajeron datos cómo: parámetros productivos/operativos, información técnica de los equipos que generan las emisiones, históricos de producción, consumos de combustible, entre otros.

1.4.2. Revisión de la información aportada en la base de datos de licencias ambientales otorgadas por la Corporación

Para la identificación de las fuentes de emisión a ser tenidas en cuenta para la elaboración del inventario de emisiones asociadas a fuentes fijas difusas, se hizo una revisión del listado de empresas que se encuentran en la base de datos de licencias ambientales otorgadas por la Corporación, y se identificaron las empresas asociadas principalmente a la explotación de minerales y material de construcción a cielo abierto.

1.4.3. Revisión e identificación de las vías principales a ser tenidas en cuenta para la estimación de las emisiones asociadas a fuentes móviles.

Para la identificación de las vías a ser tenidas en cuenta para la estimación de las emisiones asociadas a fuentes móviles, se revisó la información existente en las bases de datos del Instituto Nacional de Vías – INVÍAS y la Agencia Nacional de Infraestructura – ANI, esta información incluye registros de tránsito promedio diario e información de conteo de vehículos en peajes.

1.5 ESTIMACIÓN DE CONTAMINANTES.

La estimación de las emisiones de contaminantes atmosféricos se hará teniendo en cuenta la metodología de factores de emisión. Para esto, es necesario recopilar factores de actividad que están contenidos en diversas fuentes de información, como lo son los informes técnicos, informes previos e informes de mediciones isocinéticas de fuentes fijas que reposan en las bases de datos de la corporación. Esta información se estandariza y se utiliza junto con los factores de emisión para calcular las emisiones generadas por fuentes fijas. Los factores de emisión han sido proporcionados tanto por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA) como por la Agencia Ambiental Europea (EEA).

A continuación, se presentan los contaminantes estimados en el presente inventario:

Tabla 1. Contaminantes criterios evaluados en el inventario de emisiones atmosféricas.

GRUPO	ESPECIES
Contaminantes criterio	CO, SO _x , NO _x , VOC y PM
Contaminantes GEI	Dióxido de carbono, Metano y N ₂ O.
Alcanos	Etano, propano, butano, isobutano, n-pentano, n-hexano, n-heptano, n-octano, n-nonano, 2,2,4-trimetilpentano, ciclohexano, ciclopentano, metilciclohexano, isooctano(2,2,4-trimetilpentano), 2-metil-1-penteno, 3-metilpentano
Alquenos	Etileno, propileno, 1,3-butadieno, 1-penteno, 2-metil-2-butene
Alcoholes	Metanol
Aldehídos	Formaldehído, acetaldehído, acroleína, benzaldehído, crotonaldehído, isobutiraldehído, propionaldehído, hexanal, o-tolualdehído, p-tolualdehído, crotonaldehído, propanal.
Cetonas	Isoforona, acetofenona, metil etil cetona, 2-cloroacetofenona, 2-hexanona, acetona.
Ácidos	Ácido clorhídrico, ácido fluorhídrico, ácido benzoico
Ésteres	Metil metacrilato, vinil acetato
Éteres	Metil ter butil éter

GRUPO	ESPECIES
Aromáticos	Tolueno, etilbenzeno, xilenos (orto, meta, para), 1,2,3-trimetilbenzeno, 1,2,4-trimetilbenzeno, 1,3,5-trimetilbenzeno, estireno, benzeno, cumeno, fenol, 2,4-dinitrotolueno, bifenil, 2-metilnaftaleno, 7,12-dimetilbenz(a)antraceno, acenafteno, acenaftileno, antraceno, benzo(a)antraceno, benzo(a)pireno, benzo(e)pireno, benzo(g,h,i)perileno, criseno, dibenzo(a,h)antraceno, fluoreno, indeno(1,2,3-cd)pireno, naftaleno, fenantreno, pireno, 5-metil criseno, carbazole, 2,4-dinitrofenol, 2-nitrofenol, 4-nitrofenol, perileno, 2-metilfenol, bis(2-etilhexil)ftalato, butilbenzilftalato, di-n-octilftalate, dietilftalato, dimetilftalato, di-n-butilftalato, dimetilftalato
Halogenuros	Bromoforno, cloroformo, benzil cloruro, 1,1,1-tricloroetano, metil bromuro, metilcloruro, etilcloruro, etilen dicloruro, etilen dibromuro, 3-metilclorantreno, benzo(b,j,k)fluoroanteno, diclorobenzeno, fluoranteno, tetracloroetileno, tetracloruro de carbono, cloronaftaleno, 2-clorofenol, 1,2-dibromoetano, diclorobifenil, 1,2-dicloroetano, diclorometano, 1,2-dicloropropano, heptaclorobifenil, hexaclorobifenil, monoclorobifenil, pentaclorobifenil, pentaclorofenol, triclorobifenil, tricloroetano, triclorofluorometano, 2,4,6-triclorofenol, vinil cloruro, tetracloroetano, tricloroetano, yodometano, 1,1-dicloroetano, 1,3-
Metales (incluye semimetales, Metales de transición y alcalinos)	Berilio, cadmio, cromo, cromo (IV), cobalto, cobre, plomo, magnesio, manganeso, mercurio, molibdeno, níquel, vanadio, cinc, hierro, potasio, plata, sodio, estroncio, estaño, titanio, itrio, talio, bario, antimonio, arsénico.
Compuestos azufrados	Disulfuro de carbono, dimetil sulfato
Compuestos nitrogenados	Cianuro, metil hidracina, N ₂ O, acrilonitrilo
Dioxinas y furanos	p-dioxinas dibenzoclorinadas, dibenzofuranos policlorinados
Otros	Cloro, selenio, sulfato, nitrato, carbono orgánico, carbono elemental

1.5.1. Estimación de la Emisiones asociadas a fuentes fijas puntuales

Para estimar las emisiones asociadas a estas fuentes se revisaron expedientes, informes de control y seguimiento y evaluaciones técnicas que reposan en las bases de datos de la corporación. De esta revisión se extrajeron las diferentes fuentes fijas puntuales de emisión clasificándolas de acuerdo con el tipo de equipo o proceso que genera la emisión; además, para cada fuente de emisión se extrajeron los datos de actividad (Emisiones, producción, consumos de combustible) y posteriormente esta información fue estandarizada para calcular las emisiones mediante factores de emisión. Esta metodología consiste en relacionar un factor de emisión con un factor de actividad para estimar las concentraciones de diferentes contaminantes atmosféricos, como se muestra en la **Ecuación 1** (Gaitán & Cárdenas, 2017).

$$\text{Ecuación 1} \quad E = FE_{ij} * FA_{jt}$$

En donde:

FE_{ij}: Factor de emisión de la sustancia o mezcla de sustancias (j) para la actividad (i).

FA_{jt} : Factor de actividad de la actividad (i) durante el tiempo (t).

A) Factores de emisión utilizados

En el caso de las fuentes fijas puntuales es posible calcular las emisiones atmosféricas por medio de factores de emisión establecidos por la US EPA (United States Environmental Protection Agency). Estos están publicados en la *AP-42, Compilation of Air Pollutant Emissions Factors, Fifth Edition*, la cual es una compilación de los factores de emisión e información de procesos para más de 200 categorías de fuentes de contaminación del aire. En donde, los factores de emisión han sido desarrollados y compilados a partir de datos de pruebas de origen, estudios de balance de materiales y estimaciones de ingeniería. (US EPA , 2023). Además, es posible considerar algunos factores de emisión que han sido establecidos por la EEA (European Environmental Agency) y que se han publicado en *EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2019*. Esta al igual que la *AP-42, Compilation of Air Pollutant Emissions Factors*, compila diversos factores de emisión según el proceso productivo que genera la emisión de contaminantes. (EEA, 2019)

Para la estimación de las emisiones de los contaminantes atmosféricos generados por fuentes fijas puntuales, se deben escoger los factores de emisión teniendo en cuenta el tipo de proceso productivo, el tipo de equipo emisor, el tipo de combustible y si el equipo cuenta con sistema de control. Una vez seleccionado el factor de emisión se debe seleccionar el factor de actividad, este último usualmente se asocia con el consumo de combustible o con la producción que tiene el equipo. En la mayoría de los casos en donde el proceso que realiza el equipo emisor involucra directamente un proceso de combustión, entonces se trabaja con el consumo de combustible como factor de actividad, mientras que, para procesos en donde no se genera combustión o en donde esta no es la función principal del equipo se utiliza la producción como factor de actividad.

B) Estandarización de los factores de actividad

Dado que los factores de emisión que se establecen en la *AP-42, Compilation of Air Pollutant Emissions Factors* y en el *EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook* cuentan con unas unidades estandarizadas, que con frecuencia son kg/ton de producto fabricado para el caso en que el combustible es sólido y en kg/1000 l para el caso en el que el combustible es líquido o gaseoso; es necesario estandarizar los factores de actividad (consumo de combustible o producción del equipo emisor) en unidades que permitan relacionar el factor de actividad con el factor de emisión como se muestra en la **Ecuación 1**.

Dicho esto, lo ideal es llevar tanto el consumo de combustible sólido como la producción a unidades de ton/h, para que al momento de multiplicar por el factor de emisión que está dado en kg/ton obtener las emisiones en kg/h. Por otra parte, en el caso de que el combustible sea líquido o gaseoso, este se debe llevar a unidades de 1000 l/h para que al

multiplicar con el factor de emisión que se encuentra en kg/1000 l, las emisiones calculadas tengan unidades de kg/h.

1.5.2. Fuentes fijas dispersas o difusas.

Estas fuentes están asociadas principalmente a la explotación de minerales y material de construcción a cielo abierto. De este tipo de fuente el principal contaminante emitido es el material particulado desde las operaciones de voladura, material de arrastre que cubre un variado rango de minerales no metálicos; y otros procesos como la extracción de mineral con palas, el cargue y descargue de material, el triturado, tamizado, entre otros. La industria de material de arrastre puede incluir limos, granitos, dolomita, arcillas, cuarzos, minerales calcáreos, mármol, carbonato de calcio, talco, entre otros. Las técnicas usadas para la extracción de estos materiales varían mucho dependiendo de la naturaleza y ubicación del depósito.

La industria de la extracción de materiales o agregados de construcción se puede categorizar por fuente, tipo de mineral, proceso (húmedo o seco), uso final, etc. Teniendo en cuenta lo anterior y la información disponible presentada en el AP-42, para el inventario de emisiones de fuentes fijas de área se toma como referencia el capítulo *11.19.2 Crushed Stone processing and pulverized mineral processing*, para la estimación de las emisiones.

La industria de material de arrastre puede incluir limos, granitos, dolomita, arcillas, cuarzos, minerales calcáreos, mármol, carbonato de calcio, talco, entre otros. Las técnicas usadas para la extracción de estos materiales varían mucho dependiendo de la naturaleza y ubicación del depósito.

Los principales contaminantes generados por estas actividades son el PM y el PM10, si el proceso no está controlado. Existen varias variables naturales que pueden afectar estas emisiones como la velocidad del viento y su contenido de humedad.

En general, se utilizan diversos métodos para estimar las emisiones de material contaminante hacia la atmósfera, para el presente inventario el cálculo de las emisiones mediante los factores de emisión se considera el mejor método disponible por su aproximación confiable.

A) Recopilación de información

Se consolidó información asociada a las empresas registradas en la corporación que cuentan con licencias ambientales, asociadas principalmente a proyectos mineros. Teniendo en cuenta las actividades que pueden generar la suspensión de materiales, tales como transporte de material en vías no pavimentadas, zona de cargue y descargue en acopios de material, manipulación y almacenamiento de agregados, procesos de

excavación, producción de concretos, trituración de rocas y finos, se diseñó un formato tipo encuesta, en donde se requieren datos concisos sobre las actividades mencionadas anteriormente.

- **Clasificación de las fuentes fijas difusas por mineral**

Cada mina explota diferentes minerales y aunque todas se les aplica el mismo factor de emisión, es necesario tener la información segregada por el tipo de material.

De acuerdo con la norma, existen diferentes tipos de minerales en etapa de explotación en los que se deben clasificar las minas y se divide en los siguientes grupos:

Tabla 2. Clasificación de minerales.

COD	Clasificación	Materiales
METP	Metales preciosos	Oro, plata, platino y diamantes
CRB	Carbón	Carbón
MET	Metálicos	Plomo, cobre y zinc
CNTR	Materiales de Construcción	Materiales pétreos, arenas, gravas y roca en general
NMET	No Metálicos	Mármol, arcillas, caliza, arena sílica, azufre, barita, caolín, celestita, diatomita, dolomita, feldespatos, entre otros.

B) Segregación de las fuentes por procesos detallados

Para el proceso de extracción y procesamiento de estos materiales se tienen en cuenta los diferentes procesos que se realicen en la empresa para poder estimar las emisiones, pues los factores de emisión dependen de la actividad. Lo anterior implica entonces que debe especificarse para cada situación y si el proyecto dispone de otros procesos que generen emisiones.

Tabla 3. Procesos y subprocesos de extracción de minerales en fuentes fijas dispersas.

Proceso	Subproceso
Transporte por vía no pavimentada	N.A.
Manipulación y almacenamiento de material	Cargue de camiones

Proceso	Subproceso
	Descargue de camiones
	Cargue pilas de almacenamiento
	Descargue pilas de almacenamiento
Extracción del material	Extracción de arena, arcilla y roca
Producción de concreto	Transferencia de agregados a la mezcla de concreto
	Transferencia de arenas a la mezcla de concreto
	Transferencia de material total al mezclador
Trituración de rocas y finos Trituración terciaria de rocas	Trituración terciaria de rocas
	Trituración de finos
	Cribado de roca
	Cribado de finos

C) Clasificación de las fuentes por procesos que generan las emisiones

A cada una de las empresas se les solicita información técnica específica de los procesos que generan emisiones dispersas de contaminantes atmosféricos en actividades mineras y de explotación del suelo. Cada entidad debía responder únicamente los numerales relacionados con las actividades de su empresa, en todos los procesos se pregunta si realizan procesos de control y su porcentaje de eficiencia, un dato que se debe considerar en el cálculo de las emisiones mediante factores de emisión:

1. Técnicas usadas para la extracción de materiales, que varía en función de la naturaleza y ubicación del depósito explotado
2. Si la empresa tiene vías no pavimentadas al interior de sus instalaciones, en este numeral se indaga sobre tipo y cantidad de vehículos que transitan por estas vías, se pregunta si tienen realizan extracción de arenas y gravas y si hacen procesamiento de roca.
3. Si la empresa realiza manipulación y almacenamiento de agregados, en esta sección se pregunta por el cargue y descargue en pilas de almacenamiento y camiones al interior de las instalaciones, y el contenido de humedad en los agregados.
4. Si la empresa realiza procesos de excavación, se pregunta por la cantidad de material extraído.
5. Si la empresa realiza producción de concreto, se indaga sobre la cantidad de agregados y arena que se agrega al mezclador.

6. Si la empresa realiza trituración de rocas y finos, se pregunta por la cantidad de roca y finos intervenidos en procesos de trituración y cribado.

D) Metodología para la estimación de las emisiones

La estimación de emisiones se obtuvo a partir de dos fuentes de información, la primera, brindada por las empresas con actividad minera y de explotación del suelo que tenían fuentes difusas, relacionadas con los 5 tipos de fuentes de emisión y la segunda, de los factores de emisión contenidos en el *AP-42 Compilation of Air Pollution Emission* de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (US-EPA) y los factores de emisión de la Agencia Ambiental Europea (EEA). Utilizados para aquellos contaminantes asociados a procesos.

E) Cálculo de las emisiones de PST, PM10 y PM2.5

Para este inventario se eligió realizar el cálculo del contaminante mediante factores de emisión asociados a cada tipo de fuente que se genera por la actividad minera. La metodología implementada para la estimación de las emisiones es propuesta por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA, por sus siglas en inglés), es una de las más reconocidas y aplicadas exitosamente a nivel mundial. Las fuentes de emisión incluidas en esta metodología son:

- Manipulación y almacenamiento de material
- Extracción de materiales
- Procesamiento de concreto
- Trituración de rocas y finos

Cada proceso categorizado como fuente de emisión tiene variables específicas que permiten el cálculo de emisiones por especie contaminante, ya sea PM 2.5, PM 10, PM 30 o PM Total, a continuación, mencionaremos las ecuaciones usadas en cada caso.

Para la estimación de las emisiones asociadas a la minería de materiales de arrastre se usa la **Ecuación 2**.

$$\text{Ecuación 2 } E_i = \sum_j FE_j \times DA + \sum_m FE_m \times DA$$

Donde:

E_i : emisiones de un contaminante i

FE_j : Factor de emisión para un proceso j o m

DA : Producción total anual de la mina en términos de producto terminado

Para las empresas en las que se identifiquen otros procesos que generan emisiones se estimaran las emisiones teniendo en cuenta lo siguiente:

$$\text{Ecuación 3 } E = k(0,0016) \frac{\left(\frac{U}{2,2}\right)^{1,3}}{\left(\frac{M}{2}\right)^{1,4}}$$

donde M es el contenido de humedad del material (%), U es la velocidad promedio de los vientos, k es la constante acorde al tamaño de la partícula (ver **Tabla 4**).

Tabla 4. Parámetros asociados a la manipulación y almacenamiento de material.

Multiplicador aerodinámico de tamaño de partícula (k)				
< 30 μm	< 15 μm	< 10 μm	< 5 μm	< 2.5 μm
0.74	0.48	0.35	0.20	0.053

Para determinar las emisiones asociados a la manipulación y almacenamiento de material se tendrá en cuenta los valores típicos de contenido de humedad de los materiales en diversas industrias, derivados del capítulo 13.2.4 “Aggregate Handling And Storage Piles” de la EPA AP-42. (ver **Tabla 5**).

Tabla 5. Datos de porcentaje de humedad y limo (% de partículas sedimentables) en función del material tratado.

Industria	Material	Contenido de Limo (%)		Contenido de Humedad (%)	
		Rango	Media	Rango	Media
Canteras y sus procesos	Caliza	0.4 – 2.3	1.0	ND	0.2
	Caliza triturada	1.3 – 1.9	1.6	0.3 – 1.1	0.7
	Productos varios de caliza	0.8 - 14	3.9	0.46 – 5.0	2.1

Industria	Material	Contenido de Limo (%)		Contenido de Humedad (%)	
		Rango	Media	Rango	Media
	Arena	-	2.6	-	7.4
	Arcilla	4.5 – 7.4	6.0	8.9 – 11	10
	Materiales mezclados de relleno	-	12	-	11

Además de los factores de emisión mencionados, existen otros factores de emisión más generales para estimar las emisiones de partículas provenientes de canteras y minerías a cielo abierto por la extracción de materiales, derivados de la guía *EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2019* capítulo 2.A.5.a “*Quarrying and mining of minerals other than coal*” que se proponen para el caso de las canteras o minerías en las cuales no se disponen de datos explícitos de cada fase del proceso para la aplicación de las ecuaciones descritas anteriormente. (ver **Tabla 6**).

Tabla 6. Factor de emisión para canteras y minería con extracción de roca, arena y arcilla.

Categoría de Fuente	Minerías y Canteras Diferentes al Carbón	
Contaminante	Valor	Unidades
TSP	102	g/Mg mineral
PM10	50	g/Mg mineral
PM2.5	5.0	g/Mg mineral

Para el procesamiento de concreto y la trituración de rocas y finos, es importante tener en cuenta que tienen distintos factores de emisión asociados a cada subactividad que se mencionaran posteriormente, se aplicó la Ecuación 4

Ecuación 4 $E = A \times EF \times \left(1 - \frac{ER}{100}\right)$,

donde E son las emisiones, A el nivel de actividad (cantidad de material en toneladas manipulado al año según la subactividad), EF el factor de emisión y ER la eficiencia de los procesos de control.

Las subactividades del procesamiento de concreto que tienen asociadas un factor de emisión son (ver **Tabla 7**):

- La transferencia de agregados a la mezcla de concreto
- La transferencia de arenas a la mezcla de concreto

Tabla 7. Factores de emisión para procesamiento de concreto.

Fuente	No controlado	
	Total PM	Total PM10
Transferencia de agregados	0.0035	0.0017
Transferencia de arenas	0.0011	0.00051

Las subactividades de la trituración de rocas y finos que tienen asociadas un factor de emisión son (ver **Tabla 8**):

- Trituración terciaria de roca
- Cribado de roca
- Trituración de finos
- Cribado de finos

Tabla 8. Factores de emisión para trituración de rocas y finos.

Fuente	Material Particulado Total	Clasificación de Factor de Emisión	Total PM-10	Clasificación de Factor de Emisión	Total PM-2.5	Clasificación de Factor de Emisión
Trituración Primaria	ND		ND		ND	
Trituración Primaria (Controlada)	ND		ND		ND	

Fuente	Material Particulado Total	Clasificación de Factor de Emisión	Total PM-10	Clasificación de Factor de Emisión	Total PM-2.5	Clasificación de Factor de Emisión
Trituración Secundaria	ND		ND		ND	
Trituración Secundaria (Controlada)	ND		ND		ND	
Trituración Terciaria	0.0027	E	0.0012	C	ND	
Trituración Terciaria (Controlada)	0.0006	E	0.00027	C	0.00005	E
Trituración de Finos	0.0195	E	0.0075	E	ND	
Trituración de Finos (Controlada)	0.0015	E	0.0006	E	0.000035	E
Cribado de roca	0.0125	E	0.0043	C	ND	
Cribado de roca (Controlado)	0.0011	E	0.00037	C	0.000025	E
Cribado de Finos	0.15	E	0.036	E	ND	
Cribado de Finos (Controlado)	0.0018	E	0.0011	E	ND	

Otra de las variables incluidas en la estimación de emisiones es el porcentaje de eficiencia en los procesos de control, existen controles sobre los procesos generadores de emisiones, que permiten la reducción de estas, estos poseen un porcentaje de eficiencia que incide en la ecuación de las estimaciones. Algunos de estos controles son:

- Humectación de vías y material
- Uso de cortavientos
- Sustancias químicas estabilizadoras

F) Estandarización de unidades

Los factores de emisión tienen valores representativos en los que se relaciona una cantidad de descarga contaminante con una actividad humana específica que se produzca. Comúnmente estos valores están expresados como el peso del contaminante dividido por la duración de la actividad asociada, una unidad de volumen, peso o una distancia, en este caso, la producción anual debe estar expresada en toneladas de material por año y de esta manera poder presentar los resultados del inventario en toneladas de contaminante por año.

1.5.3. Fuentes fijas de área

Se define una fuente de área como aquella en la que los focos de emisión de una fuente fija se dispersan en un área, por razón del desplazamiento de la acción causante de la emisión. Un ejemplo de estas fuentes de emisión son las estaciones de servicio, las cuales a su vez son fuentes fijas evaporativas, ya que aportan principalmente compuestos orgánicos volátiles totales (COV) a la atmósfera. Estas emisiones involucran diversas operaciones como lo son el transporte y comercialización de combustible líquidos como la gasolina y el fuel oil (ACPM – Diesel). Este tipo de emisiones evaporativas se producen cuando se llenan los tanques de almacenamiento de combustible desde los camiones cisterna que transportan combustibles líquidos, también, por la expansión y compresión del líquido debido a cambios tanto de presión como de temperatura que se producen durante el día, y finalmente, en el proceso de abastecimiento a los vehículos que funcionan con combustibles líquidos como la gasolina y el Diesel. Según la United States Environmental Protection Agency, existen dos métodos para realizar la carga de combustibles a los tanques subterráneos de abastecimiento desde los camiones cisterna, estos se explican a continuación:

- **Carga por salpicadura**

En este método, la tubería de llenado que dispensa la carga de combustible se baja sólo parcialmente dentro del tanque de almacenamiento, generándose así, una turbulencia significativa, la cual libera altos niveles de vapor que contiene compuestos orgánicos volátiles. (United States Environmental Protection Agency (US EPA), 2008)

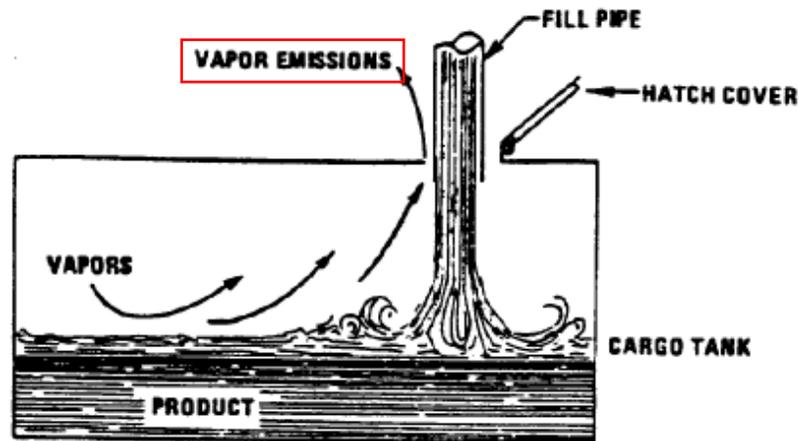


Ilustración 1. Carga por salpicadura. US EPA, 2008.

- **Carga sumergida**

En este método, el tubo de llenado se extiende casi hasta el fondo del tanque de almacenamiento. La mayor parte del tiempo, la abertura de la tubería de llenado está por debajo del nivel de la superficie del líquido, por lo cual, la turbulencia del líquido se controla significativamente en este método, lo que resulta en una generación de vapor mucho menor que la que se produce durante la carga por salpicadura. (United States Environmental Protection Agency (US EPA), 2008).

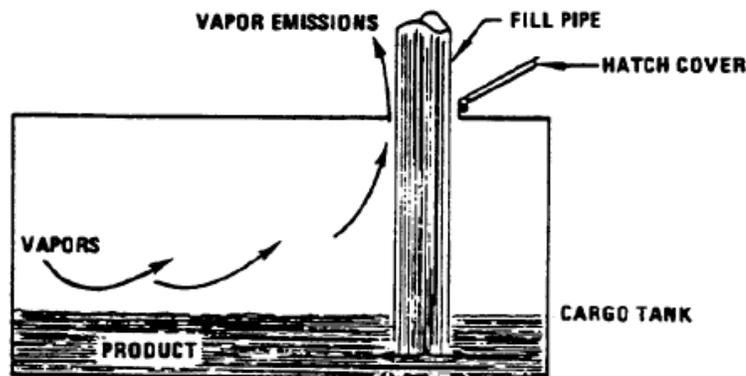


Ilustración 2. Carga sumergida. US EPA, 2008.

Durante el abastecimiento de combustible a los vehículos, los compuestos orgánicos volátiles son emitidos a la atmósfera de forma directa, además, se producen goteos o derrames en la pistola del dispensador. La concentración de contaminantes emitidos a la atmósfera depende de la cantidad de vapores desplazados, de la temperatura del combustible, de la temperatura del tanque del vehículo, la presión de vapor Reid (RVP) de

la gasolina y la velocidad con que se llene el tanque del vehículo. (United States Environmental Protection Agency (US EPA), 2008).

En la siguiente sección, se describe la metodología seguida para la estimación de contaminantes emitidos por las fuentes evaporativas a la atmósfera. Es importante considerar que la estimación de compuestos orgánicos volátiles se realiza teniendo en cuenta la definición de la EPA sobre estos compuestos, la cual es la siguiente: *“todo compuesto de carbono, excluidos el monóxido de carbono, el dióxido de carbono, el ácido carbónico, los carburos o carbonatos metálicos y el carbonato de amonio, que participe en reacciones químicas atmosféricas. Hay una serie de compuestos que se considera que tienen una "reactividad fotoquímica insignificante", por lo que están exentos de la definición de COV, entre estos compuestos exentos se encuentran el metano, el etano, el cloruro de metileno, el metil cloroformo, algunos clorofluorocarbonos y determinadas clases de perfluorocarbonos”*. (EPA, 1995)

A) Recopilación de información

Para realizar las estimaciones de los contaminantes emitidos a la atmósfera en las estaciones de servicio, es necesario implementar los factores de emisión, ya que para este tipo de fuentes no se cuenta con resultados de mediciones directas ni con información previa, por lo cual, se solicita a la Unidad de Planeación Minero-Energética – UPME sobre el suministro de combustibles líquidos a las estaciones de servicio. La UPME, es una unidad administrativa especial del orden nacional, adscrita al Ministerio de Minas y Energía, que se encarga de producir y divulgar la información minero-energética requerida para lograr el desarrollo y aprovechamiento de los recursos energéticos y mineros. (Unidad de Planeación Minero Energética (UPME), s.f.)

Para el presente inventario se tendrán en cuenta únicamente las emisiones aportadas por estaciones de servicio donde se distribuyen gasolina y ACPM, dado que son los combustibles más distribuidos en los municipios que están en jurisdicción de CORNARE.

B) Factores de emisión para fuentes fijas evaporativas

En el caso de las estaciones de servicio -EDS- es posible calcular las emisiones atmosféricas, por medio de factores de emisión establecidos por la US EPA (United States Environmental Protection Agency). Estos están publicados en la *AP-42, Compilation of Air Pollutant Emissions Factors, Fifth Edition*, la cual, es una compilación de los factores de emisión e información de procesos para más de 200 categorías de fuentes de contaminación del aire. Los factores de emisión han sido desarrollados y compilados a partir de datos de pruebas de origen, estudios de balance de materiales y estimaciones de ingeniería. (United States Environmental Protection Agency (US EPA), 2008)

Para estimar las concentraciones de los contaminantes atmosféricos generados por fuentes fijas evaporativas, se deben considerar los factores de emisión que se encuentran en la *AP 42, Fifth Edition, Volume I Chapter 5: Petroleum Industry*, en la sección *5.2 Transportation and Marketing of Petroleum Liquids*. (United States Environmental Protection Agency (US EPA), 2008), los cuales están relacionados al transporte, almacenamiento y suministro de combustibles líquidos. En el caso de la gasolina, se asume que el llenado del tanque subterráneo se lleva a cabo con la tubería no sumergida y que el suministro de combustible a los vehículos se realiza sin control. Por lo cual, los factores de emisión que se tuvieron en consideración para realizar las estimaciones de las concentraciones de compuestos orgánicos volátiles totales generadas en las estaciones de servicio se presentan a continuación.

Tabla 9. Factores de emisión a utilizar en la estimación de las emisiones atmosféricas.

Tipo de combustible	Fuente - Proceso de emisión	Factor de emisión (mg/l)
Gasolina	Llenado de tanque subterráneo: Tubería no sumergida	1380
	Contracción y expansión de los gases en el tanque subterráneo.	120
	Llenado de vehículos: Emisión sin control.	1320
	Derrames	80
	Total	2900
Diesel	Se incluye el llenado de tanques subterráneos, el suministro a los vehículos y la concentración y expansión de vapores en el tanque subterráneo.	176*

Fuente: *AP 42, Fifth Edition, Volume I Chapter 5, 1995.*

* Nota: El valor para el factor de emisión para el Diesel, se tomó de la Actualización del Inventario de Emisiones Atmosféricas del Valle de Aburrá, publicado por el AMVA en 2016. (AMVA & UPB, 2016).

C) Cálculos para realizar las estimaciones de contaminantes atmosféricos emitidos por fuentes fijas evaporativas

Para la estimación de las concentraciones de los compuestos orgánicos volátiles totales (COV), se sigue la metodología de los factores de emisión, propuesta por la Guía para la Elaboración de Inventarios de Emisiones Atmosféricas. Esta medición consiste en relacionar un factor de emisión con un factor de actividad para estimar las concentraciones

de diferentes contaminantes atmosféricos, como se muestra en la **Ecuación 5** (Gaitán & Cárdenas, 2017)

$$\text{Ecuación 5} \quad E = FE_{ij} * FA_{jt}$$

En donde:

FE_{ij}: Factor de emisión de la sustancia o mezcla de sustancias (j) para la actividad (i).

FA_{jt}: Factor de actividad de la actividad (i) durante el tiempo (t).

En este caso, los factores de emisión a utilizar serían los resaltados en negrita en la Tabla 5. Así, para la gasolina se tiene el factor de emisión de 2900 mg/l y para el Diesel se tiene el factor de emisión de 176 mg/l. Por otro lado, el factor de actividad a utilizar sería el consumo de combustible de cada municipio en l/año.

1.5.4. Fuentes móviles

El inventario de emisiones de los municipios en jurisdicción de CORNARE comprende de manera espacial las subregiones Valles de San Nicolás, Bosques, Aguas, Porce-Nus y Páramo, respecto al alcance temporal comprende las emisiones del año 2022. Para las fuentes móviles las estimaciones de las emisiones se realizaron tomando como referencia las vías principales de la jurisdicción de la corporación (I Puerto Triunfo - Bello y Sonsón - Medellín) y el tránsito promedio diario (TPD) que se da en estas.

Además, los vehículos que se incluirán en las estimaciones son aquellos que están diseñados para transitar en vías públicas, ya sea para transporte de carga o de pasajeros, también conocidos como vehículos On Road. Lo anterior, debido a que se utilizará información recolectada en peajes y en aforos realizados por INVÍAS y la ANI. Esto quiere decir, que se excluyen aquellos vehículos fuera de la vía conocidos como Out Road.

A) Fuentes de información

- **SHP de vías:** Desde la página de INVÍAS se descargó el shape con las vías en las cuales se realizó la modelación. Este shape contiene el tránsito promedio diario (TPD) de la vía que conecta el municipio de Puerto Triunfo con el municipio de Bello, y la vía que va desde Sonsón hasta Medellín, por lo que abarca las subregiones Valles de San Nicolás, Páramo y Bosques. Estos TPD se dan por 9 tramos, los cuales se muestran en la **Tabla 10**.

Tabla 10. Tramos de vía obtenidos del INVÍAS con sus respectivos TPD.

Longitud del tramo (m)	Sector	TPD	Autos (%)	Bus (%)	Camion (%)
9561,52	MEDELLIN-LAS PALMAS	43189	93	2	5
3131,30	LAS PALMAS-RIONEGRO	27569	96	1	3
135589,74	SANTUARIO-LA PIÑUELA	4464	52	5	43
38038,80	PALMAS-ESCOBERO	9955	91	4	5
21968,85	MARINILLA-RIONEGRO	12967	82	2	16
93910,58	MARINILLA-SANTUARIO	18471	67	5	28
93910,58	ACEVEDO-GUARNE	20839	65	8	27
93910,58	TE AEROPUERTO-MARINILLA	26508	66	8	26
93910,58	GUARNE-TE DE AEROPUERTO	27345	64	9	27

En la **Figura 2** se muestra la ubicación espacial de la zona en donde se realiza la modelación para estimación de las emisiones generadas por fuentes móviles. En línea roja se muestra el shape descargado del INVÍAS el cual representa las vías mencionadas anteriormente como anexo se entrega el mapa en formato PDF y PNG con el nombre Conv_zona_via_TPD.

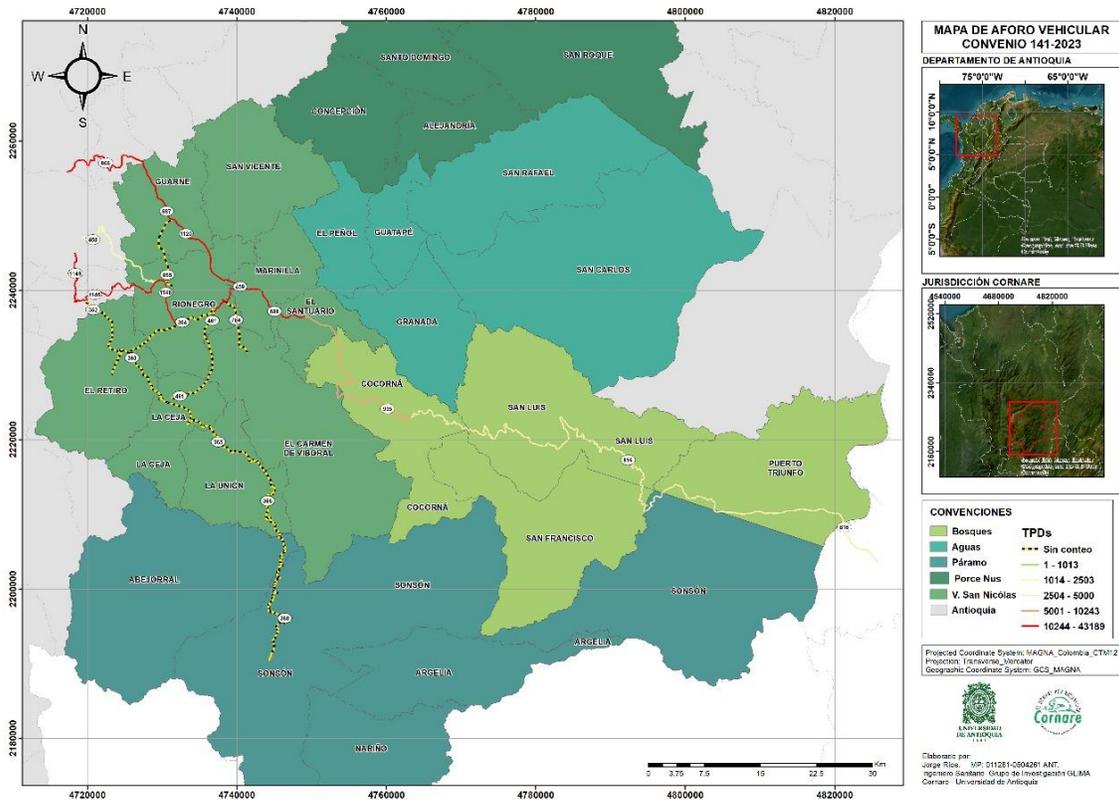


Figura 2. Shape de vías extraído de INVÍAS para la modelación de fuentes móviles.

- **Información de tránsito promedio diario (TPD):** Desde el portal de INVÍAS se descargaron los datos del tránsito promedio diario (TPD) para las estaciones de peaje “Las Palmas”, “Guarne”, “Cocorná” y “Puerto Triunfo” para los años 2021 y 2022. Estos datos están discriminados para las siete categorías vehiculares que se presentan en la tabla.

Tabla 11. Categorías vehiculares para las cuáles se tiene conteo vehicular

Categoría	Tipos de vehículos
CATEGORÍA 1	Automóviles, camperos y camionetas
CATEGORÍA 2	Buses
CATEGORÍA 3 y 4	Camiones de dos ejes
CATEGORÍA 5	Camiones de tres y cuatro ejes
CATEGORÍA 6	Camiones de cinco ejes
CATEGORÍA 7	Camiones de siete ejes

- **Información de la ANI:** Desde el portal de la Agencia Nacional de Vías (ANI) llamado ANIscopio, se descargó información de los peajes que están ubicados en la vía Puerto Triunfo - Bello y Sonsón – Medellín para el año 2021 y 2022. Allí, únicamente se encontró la información de los peajes Las Palmas y Guarne.

Tabla 12. Conteo de vehículos para las vías pertenecientes a la jurisdicción de la Corporación que cuenta con información

Mes	Estación de Peaje	Categoría 1	Categoría 2	Categoría 3	Categoría 4	Categoría 5	Categoría 6	Categoría 7	Tráfico Total
Enero	LAS PALMAS	283073	14060	8389	4470	2206	2	4	312204
Febrero	LAS PALMAS	287787	14297	8914	5373	2484	7	3	318865
Marzo	LAS PALMAS	320841	16314	9.682	5.860	917	8	11	353633
Abril	LAS PALMAS	308259	15287	8.966	5.353	450	2	5	338322
Mayo	LAS PALMAS	325069	16079	9.328	5.670	377	2	-	356525
Junio	LAS PALMAS	311085	15665	8.634	4.549	349	4	6	340292
Julio	LAS PALMAS	331571	15880	9.061	4.769	398	3	9	361691
Agosto	LAS PALMAS	331276	16911	9.707	5.505	347	2	10	363758
Septiembre	LAS PALMAS	324997	16778	9.332	5.842	556	6	11	357522
Octubre	LAS PALMAS	336104	17095	8.953	5.256	701	-	13	368122
Noviembre	LAS PALMAS	334731	16712	9.460	5.399	596	2	9	366909
Diciembre	LAS PALMAS	369141	16656	9.498	4.958	654	12	10	400929
Enero	GUARNE	504581	57.275	74.557	38.197	25.720	10.707	22.425	733462
Febrero	GUARNE	380393	50.004	77.446	39.438	28.021	10.911	23.594	609807
Marzo	GUARNE	428561	56.905	83.116	42.761	31.280	11.182	25.039	678844
Abril	GUARNE	452738	55.247	76.257	39.678	28.731	11.261	23.190	687102
Mayo	GUARNE	421362	55.494	81.797	43.231	30.420	11.716	24.579	668599
Junio	GUARNE	439147	56.197	80.787	42.191	30.972	11.791	24.452	685537
Julio	GUARNE	490049	59.901	81.968	44.058	31.232	11.861	24.623	743692

C) Sustitución de información de tramos de vía por información de peajes

Dado que el shape descargado del portal del INVÍAS contaba con el tránsito promedio diario en diversos tramos de la vía para el año 2018, los tramos que contaban con información de

peajes actualizados a 2021 se sustituyeron por la información que se tenían de los peajes de Puerto Triunfo, Cocorná, Guarne y Las Palmas con el fin de tener más precisión en la información, se utilizaron los datos del año 2021 dado que para el año 2022 no se tenían datos suficientes y habían meses completos sin información, las sustituciones que se realizaron fueron las siguientes:

- El sector Puerto Triunfo - La Piñuela se reemplazó por los datos del peaje de Puerto triunfo 2021.
- El sector Acevedo - Guarne se reemplazó por los datos del peaje de Guarne 2021.
- El sector Santuario - La Piñuela se reemplazó por los datos del peaje de Cocorná 2021.
- El sector Palmas - Escobero se reemplazó por los datos del peaje de Las Palmas 2021.

D) Preprocesamiento de información

Dado que el modelo IVE requiere que la información de entrada esté en formatos específicos, fue necesario preprocesar la información obtenida. Para esto, se llevaron a cabo diferentes cálculos.

- **Estimación del VKT**

Lo primero que se realizó fue la estimación de los kilómetros recorridos por vehículo (VKT) por año para cada uno de los nueve tramos. Esto se hizo teniendo en cuenta la siguiente ecuación:

$$\text{Ecuación 6} \quad \frac{VKT}{\text{año}} = \frac{TR}{1000} * TPD * 365$$

Donde:

TR: Tramo Recorrido en m.

TPD: Tránsito Promedio Diario.

Se dividió el **TR** en 1000 ya que la distancia del tramo recorrido debe estar en kilómetros y el valor de **365** hace referencia a los días del año en el que los vehículos hacen sus recorridos.

- **Estimación de número de partidas al año.**

Con información suministrada por el modelo IVE se calculó el número de partidas para cada categoría (Auto PC, Buses y Camiones), luego se sumó el número de partidas de cada

categoría en cada tramo. Finalmente, se multiplicó por el VKT por año para obtener el número de partidas por año para cada tramo.

- **Estimación de la altura media del tramo de vía.**

Con la ayuda de información satelital, es decir, haciendo uso de un DEM de la NASA (SRTM 90 m) y haciendo uso del shape de las vías descargado del INÍAS, se calculó la altura promedio de cada tramo.

- **Cálculo de la temperatura según la altura.**

Para calcular la temperatura promedio de cada tramo, se utilizó la altura media hallada en el numeral anterior y las ecuaciones recomendadas en el artículo llamado “Regionalización de la temperatura del aire en Colombia” (CHAVES C. & JARAMILLO R., 1998)

- **Velocidad máxima y modos de manejo.**

La velocidad máxima de recorrido de los vehículos se supuso como 60 km/h dado la topografía y la infraestructura de las vías de estudio.

En cuanto a los modos de manejo, estos se tomaron del modelo IVE para Auto, Bus y Camión y se realizó un promedio ponderado por cada uno de los nueve tramos.

E) Modelación de las emisiones vehiculares

La estimación de las emisiones atmosféricas aportadas por las fuentes móviles en los municipios en jurisdicción de la Corporación teniendo en cuenta sus particularidades, se realizará mediante la aplicación del modelo Internacional de Emisiones Vehiculares. Este modelo fue diseñado para estimar las emisiones de vehículos motorizados, este logra predecir los contaminantes atmosféricos, gases de efecto invernadero y tóxicos emitidos en una determinada zona de estudio.

La **Ilustración 3** muestra la metodología del proceso de estimación de las emisiones atmosféricas aportadas por el parque automotor en la zona de estudio haciendo uso del modelo IVE.

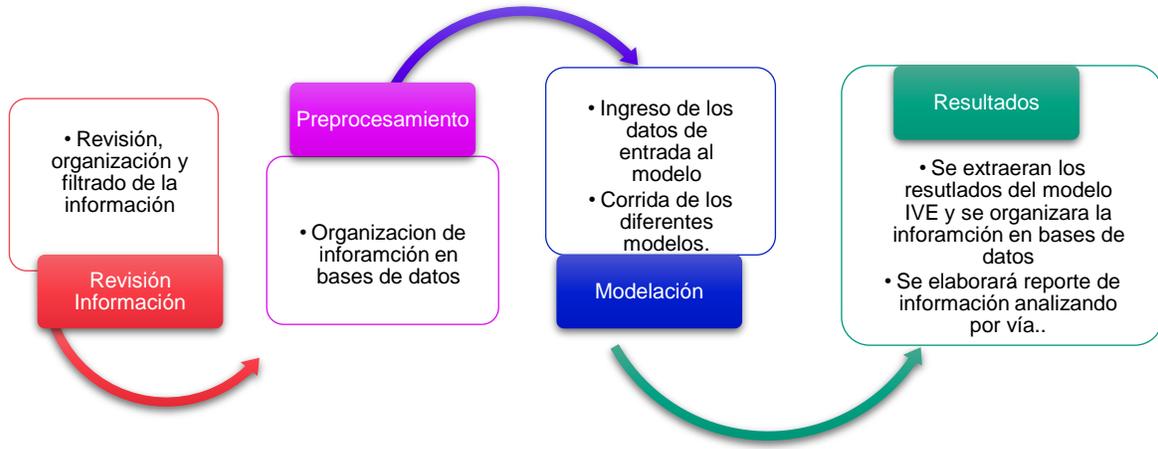


Ilustración 3. Metodología de aplicación del modelo IVE

La base del proceso de predicción de emisiones del modelo IVE comienza con una tasa de emisión base y se aplican una serie de factores de corrección para estimar la cantidad de contaminación de una variedad de tipos de vehículos (ISSRC , 2008). Hay tres componentes críticos que se utilizan en el modelo IVE para crear inventarios de emisiones precisos:

- Tasas de emisión de vehículos (Factor de Emisión Base y Factores de Corrección)
- Actividad del vehículo (Datos de entrada de ubicación)
- Distribución de la flota de vehículos.

El modelo IVE está diseñado para utilizar tasas de emisión de vehículos nuevos o existentes y datos locales y para cuantificar las tres entradas principales. Luego de que la información está consolidada el inventario de emisiones de fuentes móviles puede ser desarrollado. Para este caso, como no se contó con algunos criterios anteriores datos, se usaron datos de áreas urbanas comparables para hacer las estimaciones por medio de información de aforos en las vías principales. La **Ilustración 4** muestra el proceso de estimación de emisiones en el modelo IVE.

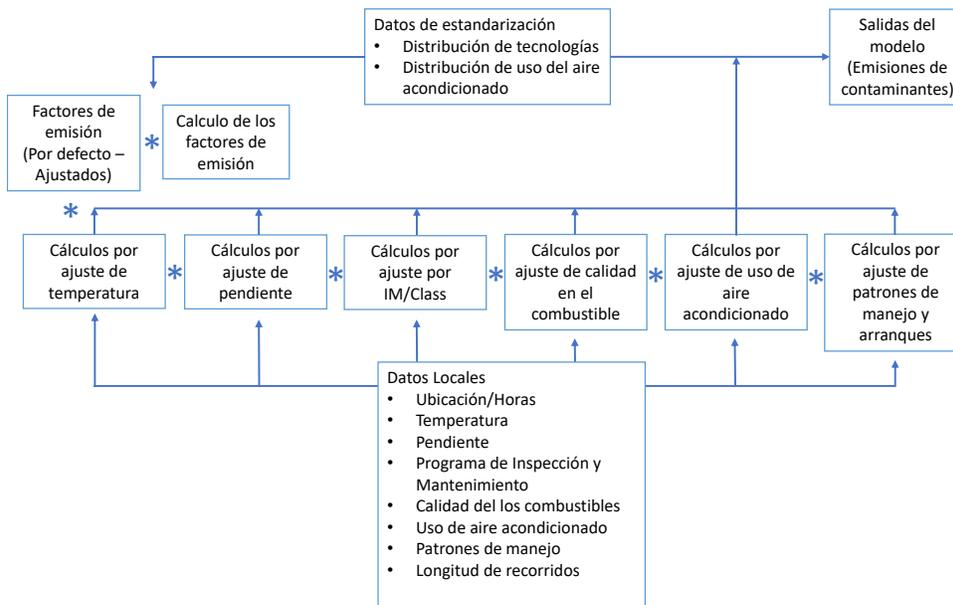


Ilustración 4. Arquitectura del modelo

• **Datos de entrada:**

Para el cálculo de las emisiones de fuentes móviles en cada una de las vías se realizó el siguiente proceso:

Se ingresó en la hoja de Flota en el modelo IVE para cada vía, los valores de número Index más recurrentes para automóviles, buses y camiones en los que se asignó por tecnología la proporción correspondiente a cada número Index, como se muestra en la **Figura 3**:

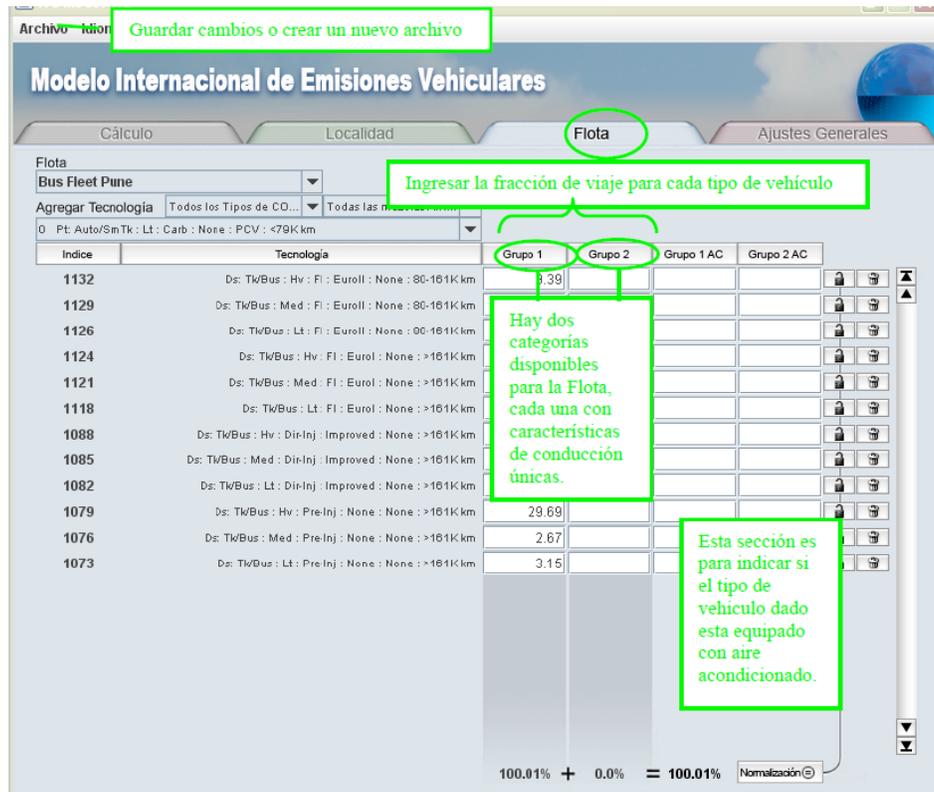


Figura 3. Hoja de Flota en el Modelo IVE

La hoja Localidad (**Figura 4**) muestra la distribución tecnológica de la flota vehicular en donde se ingresaron los datos consultados de condiciones ambientales, características de los combustibles y características de conducción. Además, se ingresaron los datos de velocidad promedio, el porcentaje de distribución de potencia y la distribución de tiempo.

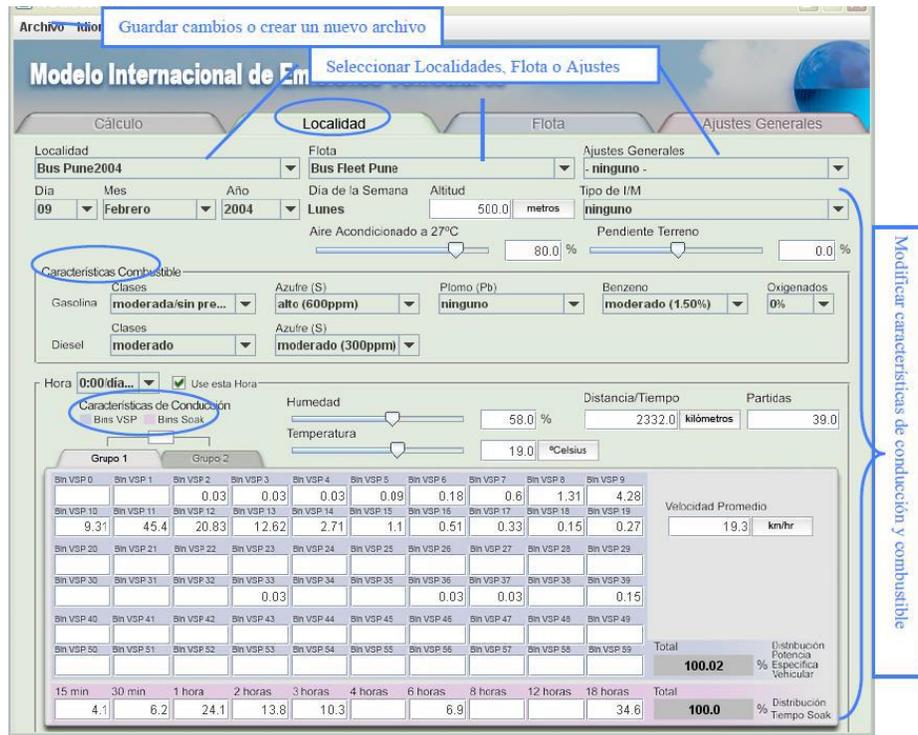
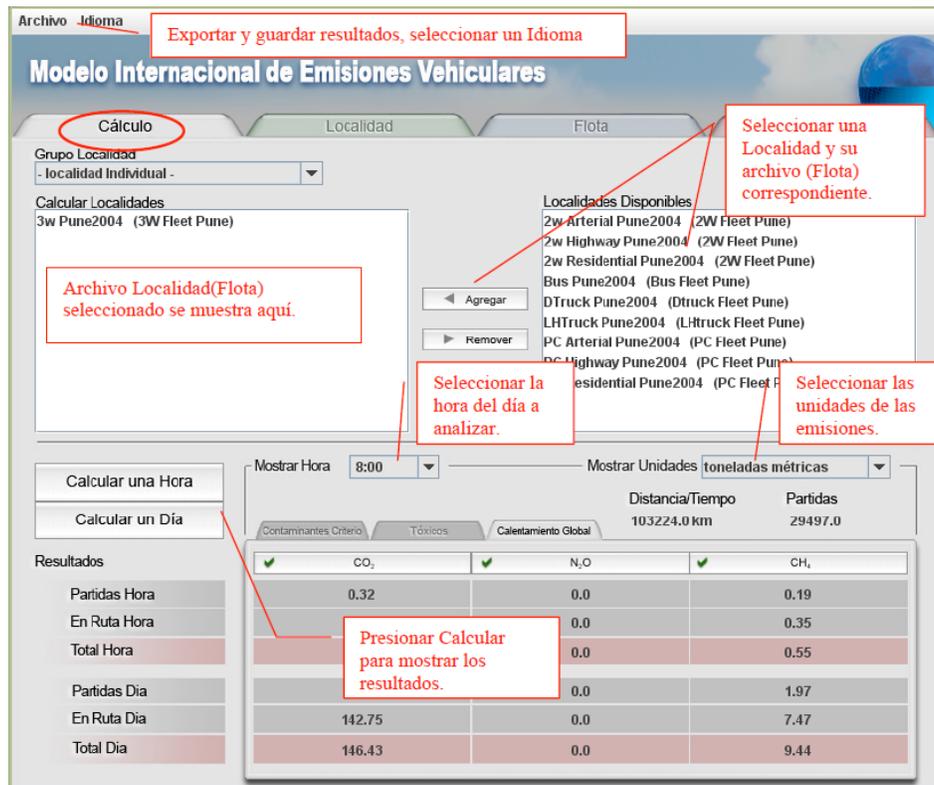


Figura 4. Hoja de Localidad en el Modelo IVE

Por último, se corrió el modelo de emisiones para cada vía según los datos de la flota vehicular ingresada para cada localización y los resultados se visualizaron como se muestra en la **Figura 5** en toneladas métricas.



Archivo Idioma **Exportar y guardar resultados, seleccionar un Idioma**

Modelo Internacional de Emisiones Vehiculares

Cálculo Localidad Flota

Grupo Localidad: - localidad Individual -

Calcular Localidades: 3w Pune2004 (3W Fleet Pune)

Localidades Disponibles:

- 2w Arterial Pune2004 (2W Fleet Pune)
- 2w Highway Pune2004 (2W Fleet Pune)
- 2w Residential Pune2004 (2W Fleet Pune)
- Bus Pune2004 (Bus Fleet Pune)
- DTruck Pune2004 (Dtruck Fleet Pune)
- LHTruck Pune2004 (LHtruck Fleet Pune)
- PC Arterial Pune2004 (PC Fleet Pune)
- PC Highway Pune2004 (PC Fleet Pune)
- PC Residential Pune2004 (PC Fleet Pune)

Agregar Remove

Archivo Localidad(Flota) seleccionado se muestra aquí.

Seleccionar la hora del día a analizar.

Seleccionar las unidades de las emisiones.

Calcular una Hora Calcular un Día

Mostrar Hora: 8:00 Mostrar Unidades: toneladas métricas

Distancia/Tiempo: 103224.0 km Partidas: 29497.0

Contaminantes	Crítico	Tóxicos	Calentamiento Global
CO ₂	✓	✓	✓
N ₂ O			
CH ₄			
Partidas Hora	0.32	0.0	0.19
En Ruta Hora		0.0	0.35
Total Hora		0.0	0.55
Partidas Día		0.0	1.97
En Ruta Día	142.75	0.0	7.47
Total Día	146.43	0.0	9.44

Presionar Calcular para mostrar los resultados.

Figura 5. Hoja de cálculo en el Modelo IVE

2 RESULTADOS

2.1 FUENTES FIJAS PUNTUALES

2.1.1. LISTADO GENERAL DE EMPRESAS

Teniendo en cuenta la información que reposa en las bases de datos de la Corporación se identificaron 179 empresas con probabilidad de poseer fuentes fijas puntuales, a partir de la revisión de estas empresas, se identificaron 143 empresas a incluir en la actualización del inventario de emisiones. Las principales observaciones que se encontraron para las empresas que no fueron incluidas son las siguientes:

- La empresa informa suspensión temporal del equipo que genera la emisión.
- La empresa informa cese de actividades productivas
- Aún no se ha realizado el monitoreo isocinético de la fuente que genera la emisión

- **El equipo empezó a operar en un año posterior al año base de la actualización del inventario de emisiones (2022)**

En el anexo “BD_IEmisiones_CORNARE” se encuentra el listado inicial de empresas en la pestaña “InformaciónBaseEmpresas” con las observaciones realizadas a cada empresa, y en la pestaña “EmisionesFFP (kg-h)” se encuentra el listado de empresas para las cuales se encontró información que permite su inclusión en el inventario de emisiones.

De las empresas identificadas 127 pertenecen a la subregión Valles de San Nicolás, 13 a Bosques, 2 a Páramo y 1 a Porce-Nus (Ver Figura 2). Ver anexo “BD_IEmisiones_CORNARE”, pestaña “Análisis_Fuentes_Sectores”

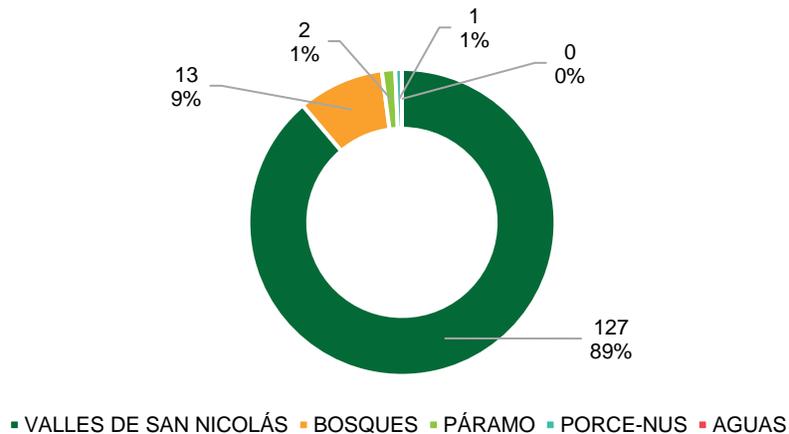


Figura 6. Distribución de empresas identificadas por subregión

Teniendo en las agrupaciones de empresas identificadas por municipios, pudo establecerse que los municipios que presentan el mayor número de empresas registradas son Rionegro (59 empresas) y Guarne (30 empresas). Estos municipios perteneces a la Subregión Valles de San Nicolás (Ver **Figura 7**)

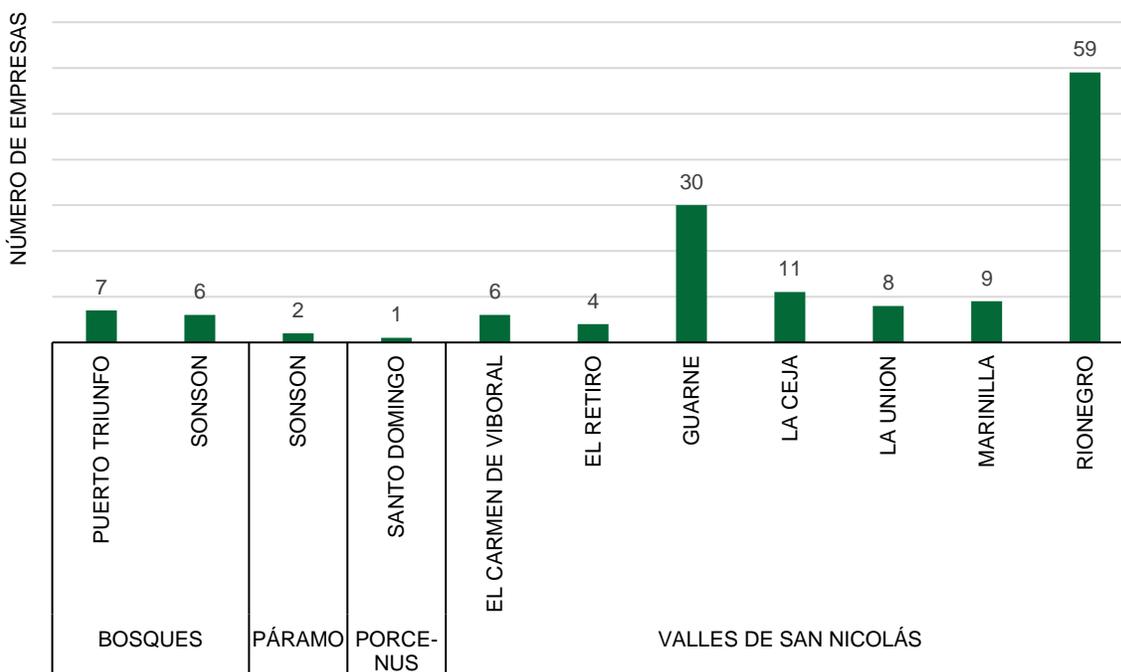


Figura 7. Número de empresas por municipio y por subregión

2.1.2. EMPRESAS IDENTIFICADAS POR SECTORES PRODUCTIVOS

La información recopilada permitió categorizar cada una de las empresas en función del sector productivo. La **Tabla 13** presenta el resumen de las actividades económicas encontradas y su descripción:

Tabla 13. Sectores productivos identificados.

CONVENCIONES POR TIPO DE SECTOR PRODUCTIVO	
ASF	Derivados del petróleo; Producción y procesamiento asfaltos y emulsiones asfálticas, explotación y tratamiento de triturados
BAT	Bebidas, Alimentos y Tabaco (incluidos alimentos para animales)
CVL	Cerámicos, vítreos, ladrilleras, alfareras y tejares.
CUR	Cueros; curtimbres y calzado
MAD	Aserriós, depósitos de maderas, e industrias que trabajan la madera
MMC	Metalmecánico; Fundición y manejo de metales, hierro, metales no ferrosos, producción de maquinaria eléctrica y no eléctrica.
QMC	Química; Producción de compuestos químicos producción de jabones y detergentes, pinturas y resinas.

CONVENCIONES POR TIPO DE SECTOR PRODUCTIVO	
OTR	Otras Industrias. En este sector se agrupa las industrias que no se pueden clasificar según ninguna de las anteriores clasificaciones. Se incluye la industria generadora de energía y la minería de oro y minerales metálicos.
PAP	Papel, Cartón, Pulpa e Impresión.
PCE	Plásticos, Cauchos y Empaques; incluidas reencauchadoras, fabricación y procesamiento de llantas
TER	Terciario; sector terciario, comercial y de servicios que por su actividad posean calderas u hornos eléctricos (hoteles hospitales, cementerios, lavanderías y otros).
TXT	Textil y de Confección. Procesamiento y producción de textiles. Incluye procesos de teñido.

La Distribución de empresas por sector productivo, así como el número de empresas asociadas a dichos sectores se presenta en la **Figura 8** y en la **Tabla 14**, respectivamente. La recopilación de información preliminar permitió identificar que el sector productivo con mayor número de empresas es el de Bebidas Alimentos y Tabaco (BAT) con 24 empresas, seguido del sector Cerámicos Vitreos y Ladrilleras (CVL) con 20 empresas. Por su parte, la agrupación otros (OTR) tiene un registro de 28 empresas, cabe anotar que esta agrupación incluye las empresas que no pudieron ser clasificadas en las diferentes categorías presentadas en la **Tabla 13**.

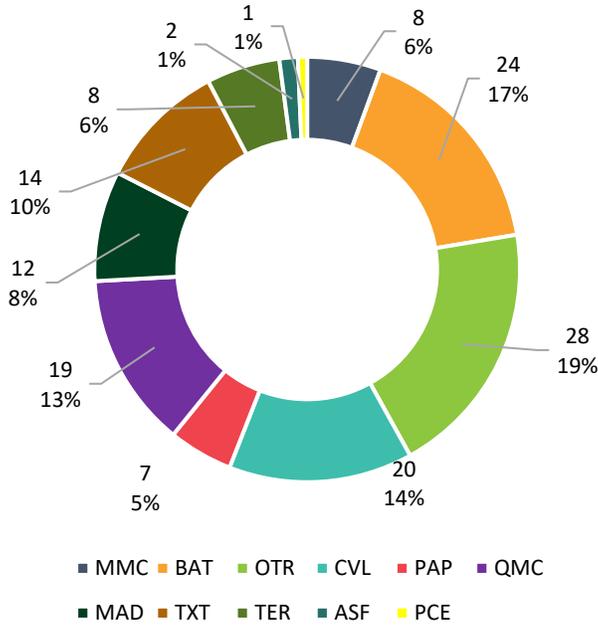


Tabla 14. Número de empresas identificadas por sector productivo.

Sector productivo	Número de empresas
MMC	8
BAT	24
OTR	28
CVL	20
PAP	7
QMC	19
MAD	12
TXT	14
TER	8
ASF	2
PCE	1

Figura 8. Distribución de empresas identificadas por sector productivo

Según los resultados obtenidos de número de empresas por sector productivo obtenidas para cada subregión, pudo establecerse que la subregión Valles de San Nicolás es la que alberga la mayor variedad de sectores productivos. (Ver **Tabla 15**)

Tabla 15. Número de empresas por sector productivo que se encuentran registradas en las Subregiones

SUBREGIÓN	SECTOR PRODUCTIVO										
	ASF	BAT	CVL	MAD	MMC	OTR	PAP	PCE	QMC	TER	TXT
BOSQUES	1		11			1					
PÁRAMO			2								
PORCE-NUS									1		
VALLES DE SAN NICOLÁS	1	24	7	12	8	27	7	1	18	8	14

La **Figura 9** presenta la distribución de empresas por sectores productivos identificadas para los municipios pertenecientes a las subregiones de CORNARE. Se encontró que los municipios de Guarne y Rionegro albergan la mayor representatividad de sectores productivos, y así mismo el mayor número de empresas por sector productivo.

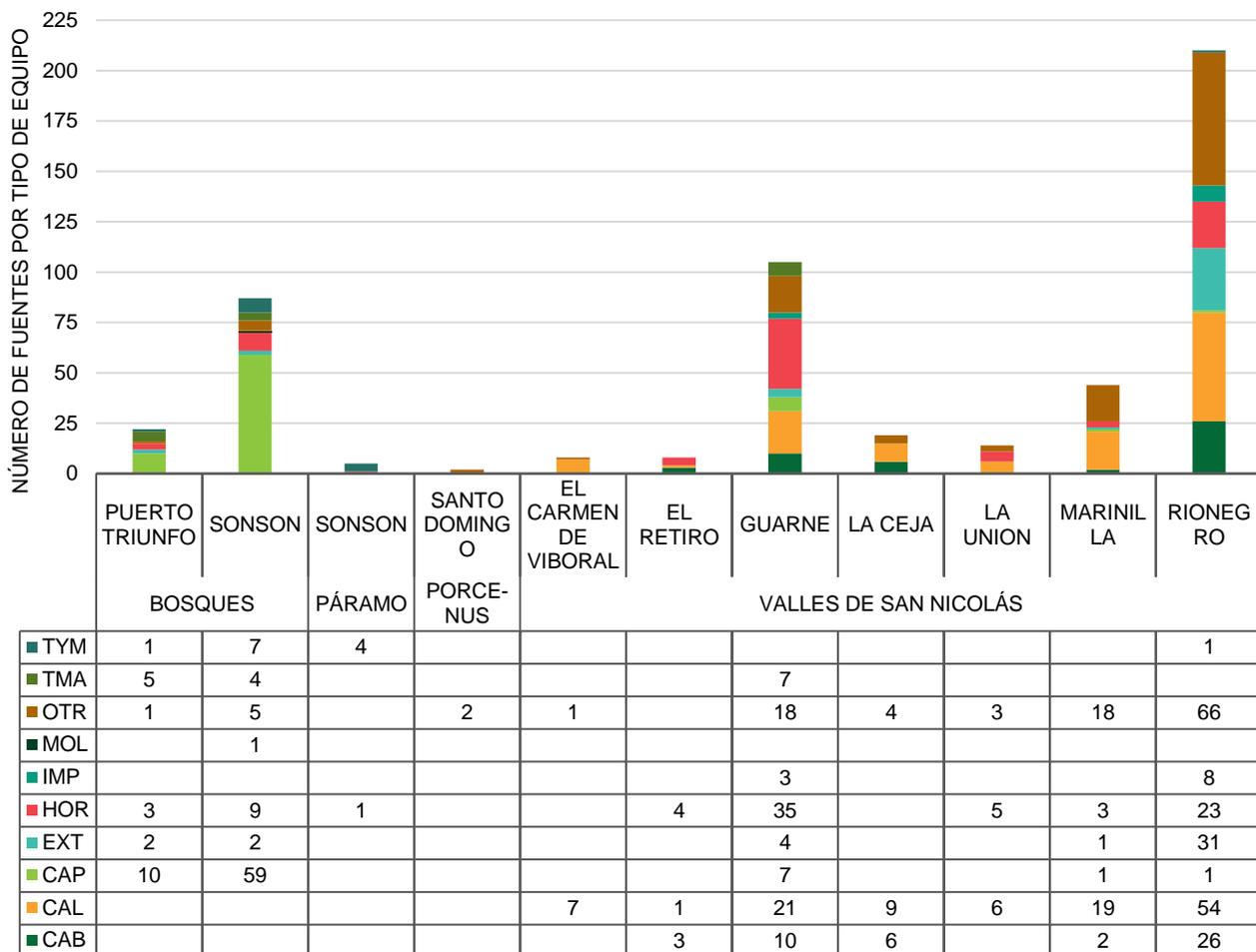


Figura 9. Distribución de las empresas por sectores productivos identificadas para los municipios pertenecientes a las Subregiones de CORNARE

2.1.3. FUENTES FIJAS PUNTUALES IDENTIFICADAS

Con la identificación de empresas presentada en el numeral anterior, se verificó la información que reposa en las bases de datos de la corporación y se consolidó información que permitió identificar la existencia de 524 fuentes. De las cuales, 408 pertenecen a la subregión Valles de San Nicolás, 109 pertenecen a la subregión Bosques, 5 pertenecen a la subregión Páramo, y 2 pertenecen a la subregión Porce-Nus (Ver **Figura 10**)

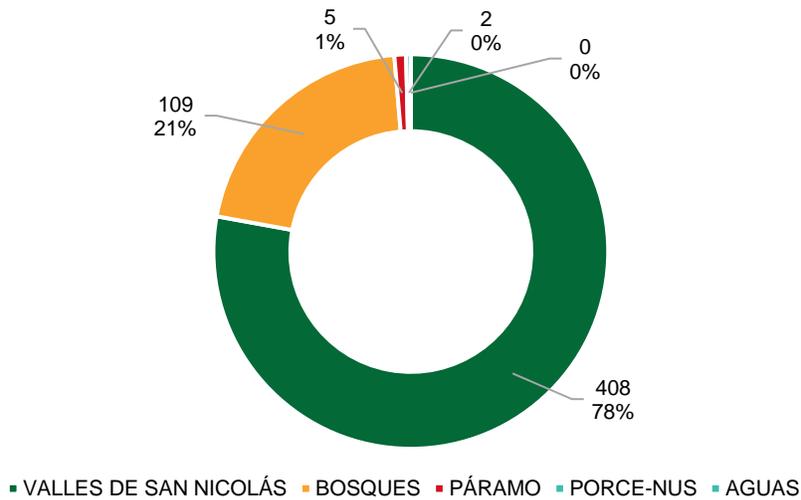


Figura 10. Distribución de fuentes fijas puntuales identificadas por Subregión

Teniendo en cuenta las agrupaciones de fuentes identificadas por municipio y por Oficina Regional se puede observar que el mayor número de fuentes fijas puntuales se encuentra en el municipio de Rionegro con 210 fuentes, seguido de Guarne con 105. Estos dos municipios como se ha mencionado anteriormente, pertenecen a la Subregión Valles de San Nicolás. Por su parte, el municipio de Sonsón cuenta con 87 fuentes identificadas en la subregión de Bosques y con 5 fuentes en la subregión de Páramo.

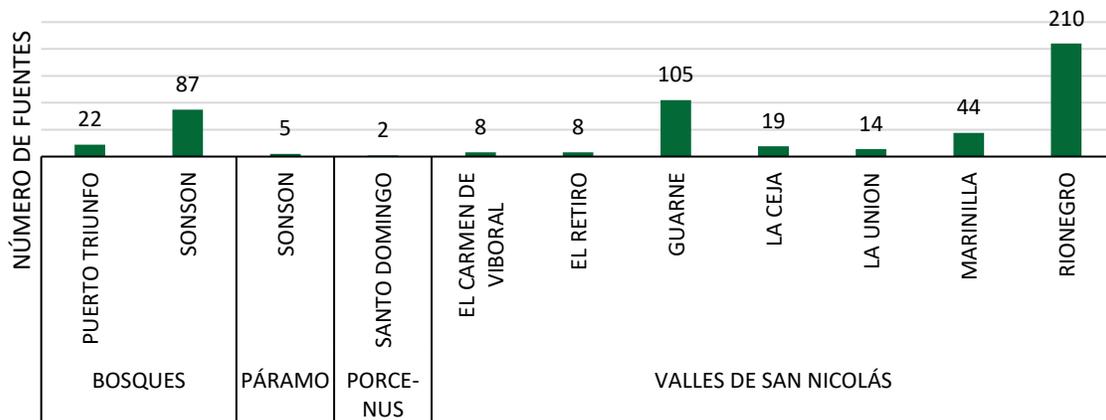


Figura 11. Número de fuentes identificadas en los municipios pertenecientes a las subregiones de CORNARE

2.1.4. FUENTES IDENTIFICADAS POR TIPO DE EQUIPO

Con la información recopilada de cada una de las fuentes, estas fueron categorizadas por tipos de equipos. La **Tabla 16** presenta las convenciones utilizadas por tipo de equipo y su descripción.

Tabla 16. Tipos de equipos identificados

Tipo de fuente	Descripción
Caldera (CAL)	Equipo de combustión externa que genera vapor a través de una transferencia de calor a presión constante, en la cual el fluido, originalmente en estado líquido, se calienta y cambia su fase.
Otros (OTR)	Equipos o dispositivos que no se pueden clasificar en ninguna de las categorías anteriores.
Horno (HOR)	Un horno es un dispositivo que genera calor y que lo mantiene dentro de un compartimento cerrado.
Transferencia de masa (TMA)	Equipos asociados a transferencia de masa
Cabina (CAB)	Cuarto aislado para realizar diferentes actividades generadoras de emisiones contaminantes, por ejemplo, cabinas de pintura, cabinas de pulido, etc.
Procesos de trituración y/o molienda (TYM)	Dispositivo para la reducción de tamaño de rocas, minerales y otros materiales
Procesos de impresión (IMP)	Procesos para la producción de textos e imágenes sobre una superficie
Sistemas de captación (CAP)	Sistemas colectores de polvo y otros contaminantes generados en diferentes áreas de trabajo.

La distribución de fuentes por tipos de equipos y el número de fuentes asociadas, se presentan en la **Figura 12** y la **Tabla 17**.

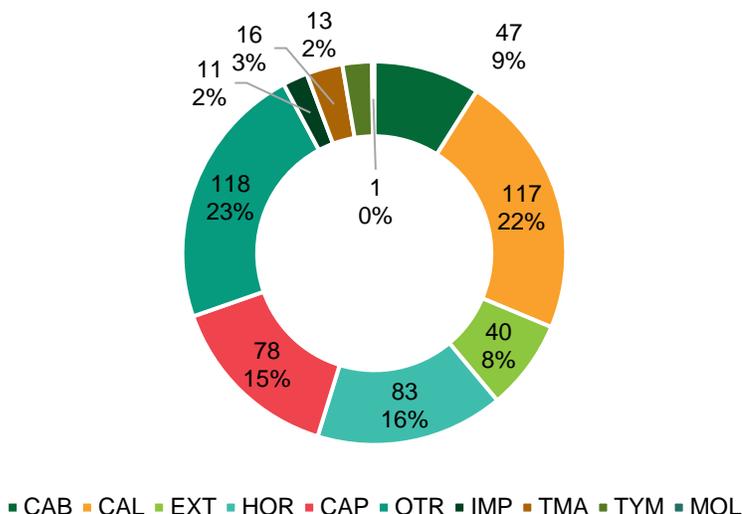


Tabla 17. Número de fuentes identificadas por tipo de equipo

Subregión	Número de fuentes
CAB	47
CAL	117
EXT	40
HOR	83
CAP	78
OTR	118
IMP	11
TMA	16
TYM	13
MOL	1

Figura 12. Distribución de fuentes identificadas por tipo de equipo

Se encontró que el tipo de equipo más utilizado son las calderas con 117 fuentes identificadas, todas pertenecientes a la subregión Valles de San Nicolás (Ver **Tabla 18**) seguido de los equipos tipo horno con 83 fuentes identificadas, de las cuales, nuevamente la mayor representatividad se encuentra en Valles de San Nicolás con 70 fuentes.

Tabla 18. Número de fuentes identificadas por tipo de equipo en las subregiones de CORNARE

SUBREGIÓN	TIPOS DE EQUIPOS									
	CAB	CAL	CAP	EXT	HOR	IMP	MOL	OTR	TMA	TYM
BOSQUES			69	4	12		1	6	9	8
PÁRAMO					1					4
PORCE-NUS								2		
VALLES DE SAN NICOLÁS	47	117	9	36	70	11		110	7	1

La **Figura 13** presenta la distribución de fuentes por tipo de equipo en los municipios pertenecientes a las subregiones de la jurisdicción de CORNARE. Puede observarse, nuevamente que la mayor representatividad de fuentes en los diferentes tipos de equipos se encuentra en los municipios de Rionegro y Guarne.

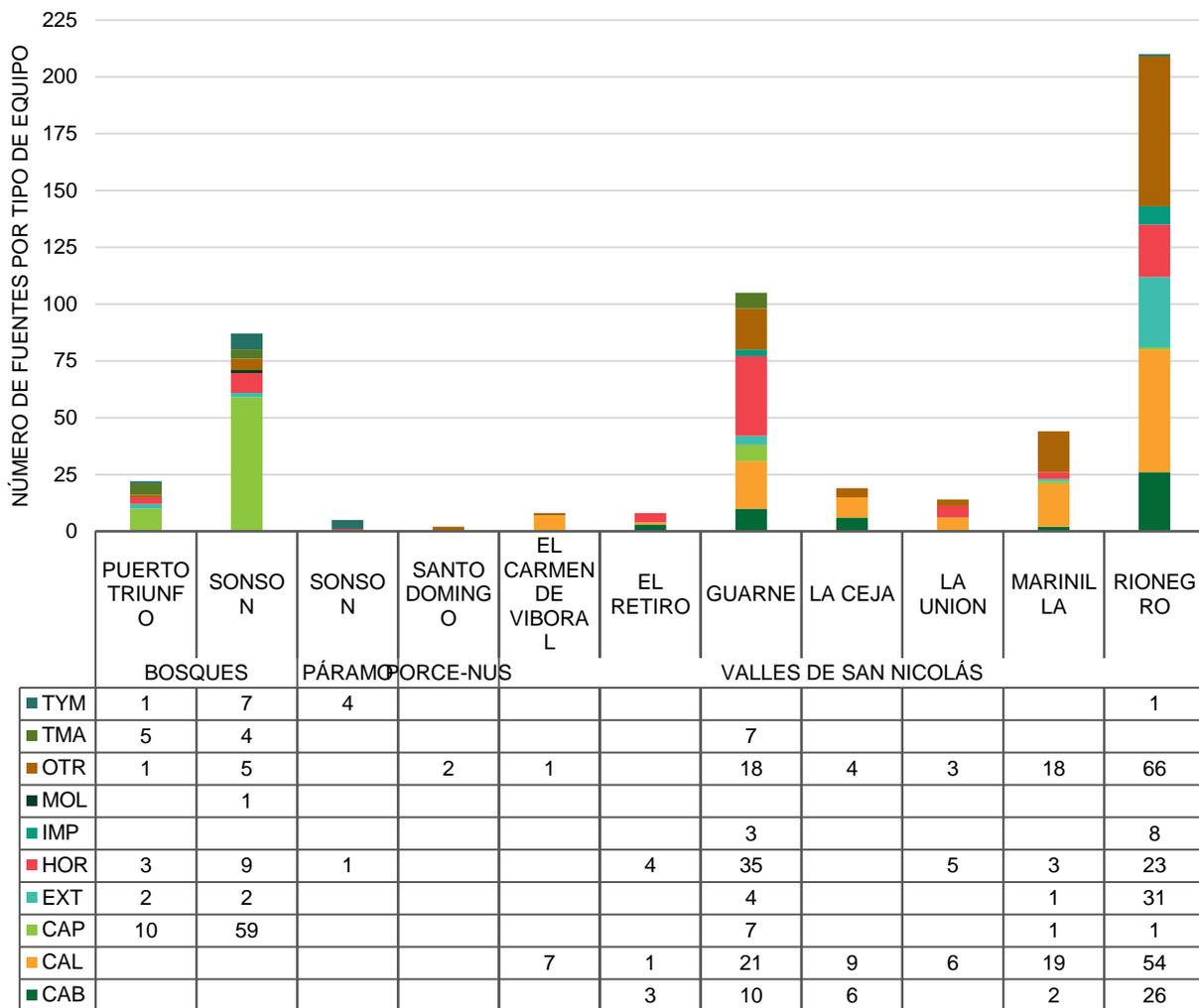


Figura 13. Distribución de las fuentes identificadas por tipo de equipo en las subregiones de la jurisdicción de CORNARE

2.1.5. EMISIONES TOTALES DE CONTAMINANTES Y GEI PARA FUENTES FIJAS PUNTUALES

Con la información obtenida de la revisión de expedientes de la corporación y mediante el uso de factores de emisiones se estimaron las emisiones totales de contaminantes emitidos por fuentes fijas puntuales. Los resultados de presentan a continuación:

Tabla 19. Emisiones totales de contaminantes asociadas a fuente fija puntuales

Emisiones totales de contaminantes emitidos por fuentes fijas puntuales	
Contaminante	Emisión (ton/año)
CO	1867,717
NO _x	1695,362
SO ₂	3767,830
VOC	9269,149
PM	2868,20
PM ₁₀	1447,740
PM _{2.5}	891,802
CO ₂	705205,203
CH ₄	56,901
N ₂ O	15,88

La **Tabla 19** presenta las emisiones de los contaminantes criterio (CO, NO_x, SO_x, VOC, PM, PM₁₀ y PM_{2.5}) y de los gases de efecto invernadero (CO₂, CH₄ y N₂O) en ton/año. En esta, se puede observar que, de los contaminantes criterio, es el dióxido de azufre (SO₂) aquel que presenta mayores emisiones a la atmósfera con un valor de emisión de 3.767,83 ton/año. Mientras que, el PM_{2.5} presenta el valor más bajo de emisiones, aportando a la atmósfera, 891,80 ton/año. La emisión del VOC incluye todos los compuestos orgánicos volátiles que entran en la definición estos compuestos que considera la EPA. En cuanto a las emisiones de gases de efecto invernadero, se tiene que las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) son bastante más elevadas en comparación con las emisiones de metano y óxido nitroso, ya que presenta una emisión de 705.205,20 ton/año. Por el contrario, óxido nitroso presenta un valor de emisión de 15,88 ton/año. Lo anterior, se da principalmente debido a que, a pesar de la presencia natural del dióxido de carbono en la atmósfera, las actividades antropogénicas están alterando su ciclo natural en el planeta, particularmente, las actividades relacionadas con la quema de combustibles fósiles. (EPA , 2023). En consecuencia, en las representaciones gráficas de las emisiones de gases de efecto invernadero del presente informe, se observa que el CO₂ presenta una emisión considerablemente superior en comparación con el CH₄ y N₂O.

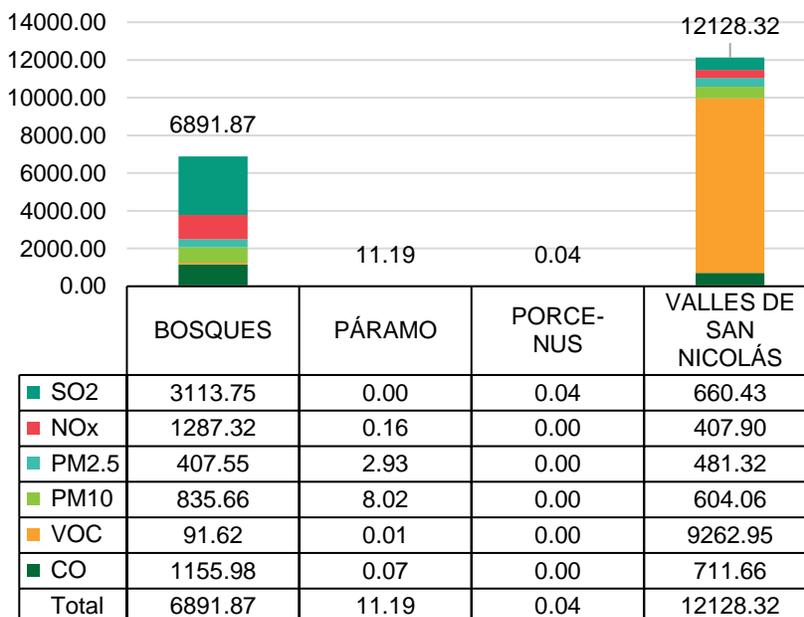


Figura 14. Emisiones totales de contaminantes criterio asociados a fuentes fijas puntuales por subregión.

En la **Figura 14** se presentan las emisiones totales de contaminantes criterios asociados a fuentes fijas puntuales para cada subregión de la Corporación, exceptuando la subregión Aguas, ya que esta cuenta con una empresa dedicada al sector textil, sin embargo, al momento de revisar la información técnica aún no había aportado informes isocinéticos o información relacionada al equipo emisor, por lo cual no fue posible estimar las emisiones de esta fuente. La subregión Páramo contiene solo 2 empresas como se mostró en la Figura 2, esta presenta emisiones más altas de material particulado en comparación con los contaminantes criterio restantes, esto causado principalmente por las empresas que se dedican a la producción de cementos. Por otro lado, Valles de San Nicolás presenta las emisiones de compuestos orgánicos volátiles más altas en comparación con las otras subregiones, además, este es el tipo de contaminante criterio más emitido en la subregión, seguido del monóxido de carbono. Por su parte, Bosques presenta la mayor emisión de dióxido de azufre en comparación con las subregiones restantes, esto debido a que dentro de esta subregión se ubican equipos para la producción de cal y cementos, especialmente hornos de calcinación. Finalmente, Porce-Nus, es la subregión con menos emisiones de contaminantes criterio y solo aporta dióxido de azufre a la atmósfera, pero en muy baja cantidad en comparación con las demás subregiones, es por esto por lo que en la **Figura 14** no se alcanza a apreciar una barra asociada a esta subregión.

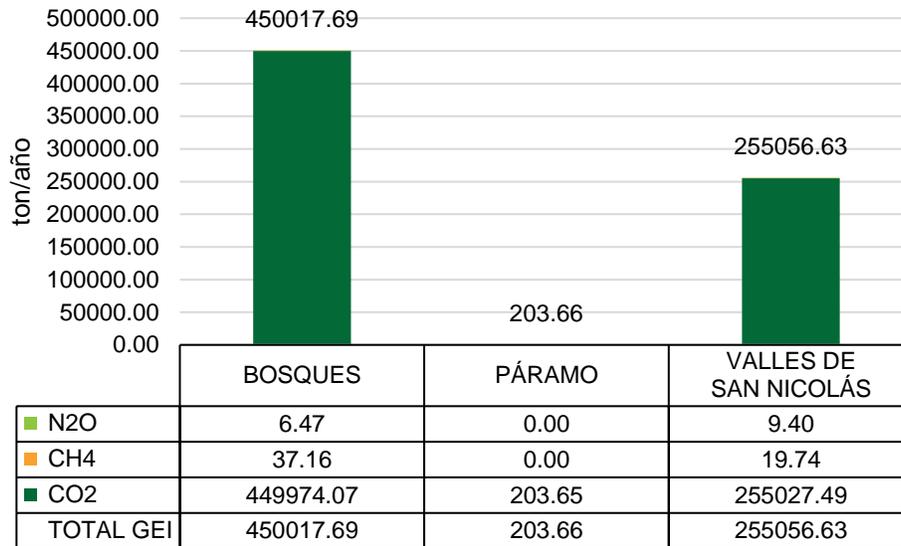


Figura 15. Emisiones de gases de efecto invernadero asociados a fuentes fijas puntuales por subregión.

La **Figura 15** presenta las emisiones de gases de efecto invernadero para las subregiones Bosques, Páramo y Valles de San Nicolás. Como se mencionó con anterioridad, Aguas no se incluye en el análisis debido a que solo cuenta con una empresa dedicada al sector textil que aún no ha reportado informes isocinéticos por lo cual no se tiene claridad en cuál es el equipo emisor ni el tipo de combustible y para este caso, tampoco se incluye en la figura la subregión Porce-Nus dado que no tiene emisiones de gases de efecto invernadero. Por su parte, Páramo, solo presenta emisiones de dióxido de carbono y en muy bajas cantidades en comparación con Bosques y Valles de San Nicolás. En términos generales, como se había explicado anteriormente, el dióxido de carbono es el gas de efecto invernadero más abundante en todas las subregiones debido a las actividades asociadas a la quema de combustibles fósiles. Por su parte, Bosques es la subregión con la emisión más alta, aportando a la atmósfera 450.017,69 ton/año, seguido de Valles de San Nicolás que genera una emisión de 255.056,63 ton/año y Páramo con un aporte de solo 203,65 ton/año. En cuanto a las emisiones de metano, Bosques presenta nuevamente la mayor emisión, aportando 37,16 ton/año, mientras que, Valles de San Nicolás emite 19,74 ton/año, esta subregión, además, emite la mayor cantidad de óxido nitroso con un total de 9,40 ton/año, por otra parte, Bosques presentan una emisión de óxido nitroso de 6,47 ton/año.

En las secciones siguientes se presentan los análisis de las emisiones de contaminantes criterio y de gases de efecto invernadero para cada subregión.

2.1.6. Valles de San Nicolás

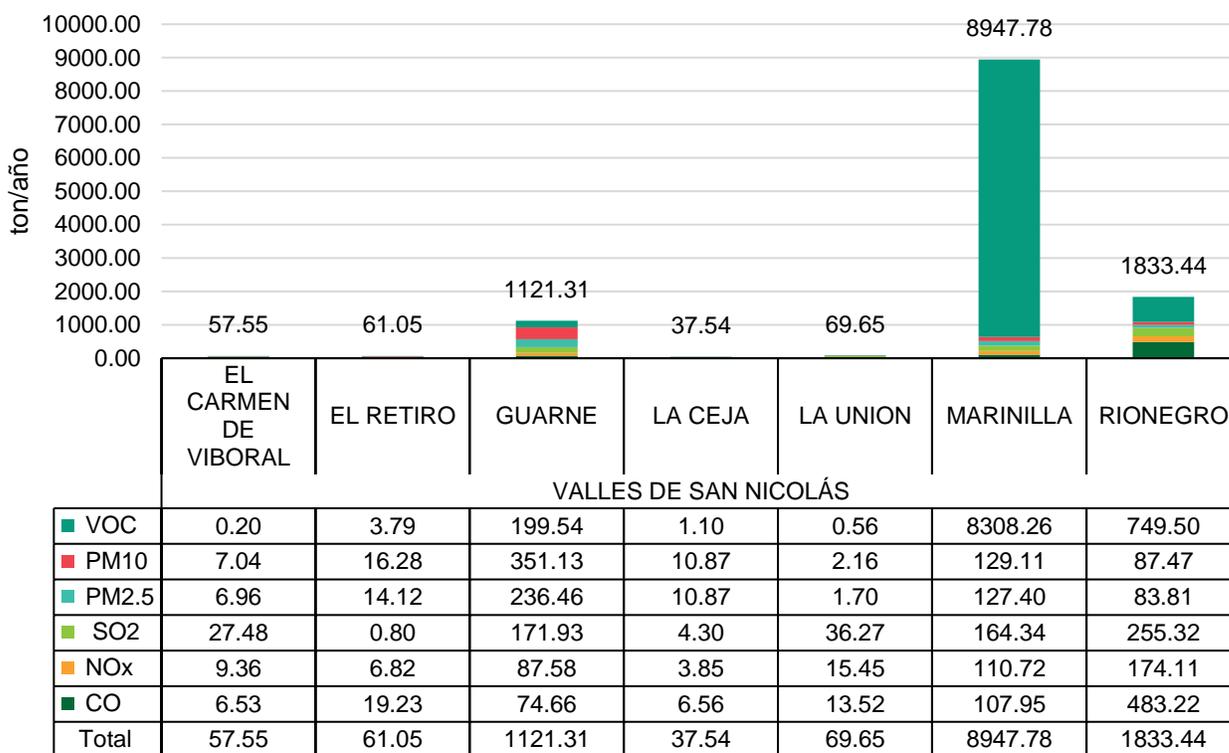


Figura 16. Emisiones de contaminantes criterios asociadas a fuentes fijas puntuales por municipio en el Valle de San Nicolás.

La **Figura 16** presenta las emisiones de los contaminantes criterio en ton/año para la subregión de Valles de San Nicolás. Es notable, que el municipio de Marinilla presenta un nivel muy alto de emisiones de compuestos orgánicos volátiles, esto es debido principalmente a que cuenta con un gran número de empresas que se dedican al teñido de pintura. Por otro lado, este nivel tan alto de emisiones de compuestos orgánicos volátiles provoca que en la gráfica no se logren apreciar en detalle las emisiones generadas en los municipios restantes, sin embargo, en la tabla de datos, se logra apreciar que las emisiones más altas de material particulado (PM10 y PM2.5) se presentan en el municipio de Guarne con valores de 351,13 ton/año y 236,46 ton/año, respectivamente. Por su parte, Rionegro es el municipio que presenta la emisión más elevada de dióxido de azufre, con un total de 255,32 ton/año; de óxidos de nitrógeno con un total de 174,11 ton/año y de monóxido de carbono con 483,22 ton/año. El Carmen de Viboral, El Retiro, La Ceja y La Unión, son los municipios donde se presentan menores emisiones de contaminantes.

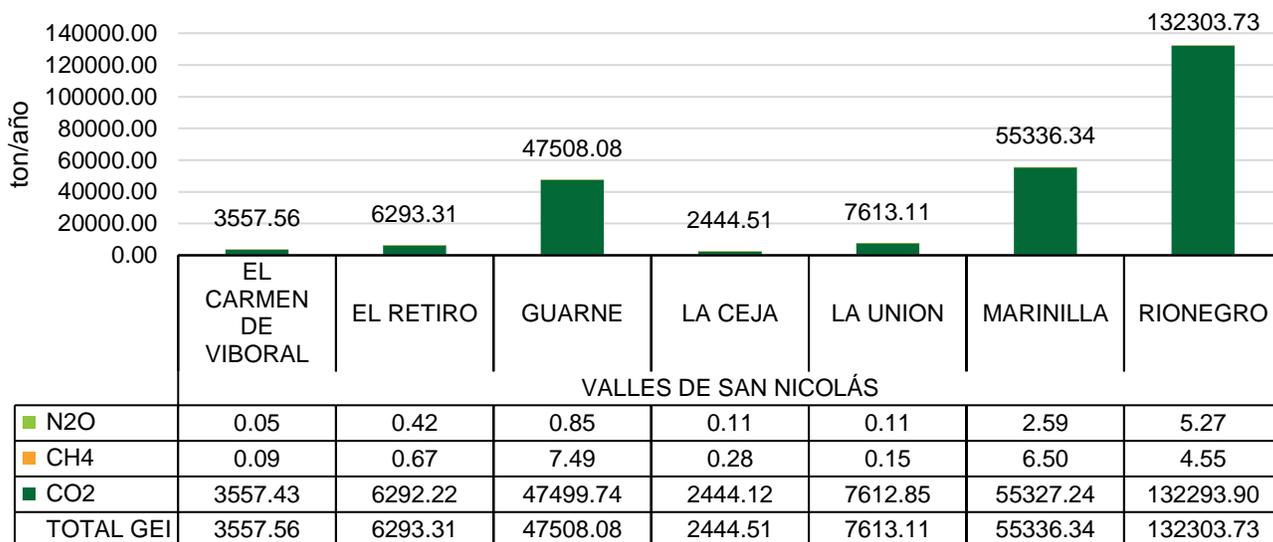


Figura 17. Emisiones de gases de efecto invernadero asociadas a fuentes fijas puntuales para los municipios de Valles de San Nicolás.

La **Figura 17** expone las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas a fuentes fijas puntuales en ton/año para la subregión Valles de San Nicolás. En esta, es notable que las emisiones de dióxido de carbono son mucho mayores que las emisiones de metano y de óxido nítrico. Especialmente, en el municipio de Rionegro, las emisiones de dióxido de carbono son más altas que en el resto de los municipios, aportando a la atmósfera un total de 132.303,73 ton/año. Esto se debe, a que en este municipio se presenta un número de fuentes fijas considerable, en comparación con los demás municipios, presentando alta actividad productiva en donde se involucra la quema de combustibles fósiles, liberando a la atmósfera altas cantidades de dióxido de carbono. En cuanto a las emisiones de metano, Guarne es el municipio que más aportes a la atmósfera genera con un total de 7,49 ton/año, mientras que, para el óxido nítrico, el municipio que mayores emisiones genera es Rionegro, aportando 5,27 ton/año a la atmósfera.

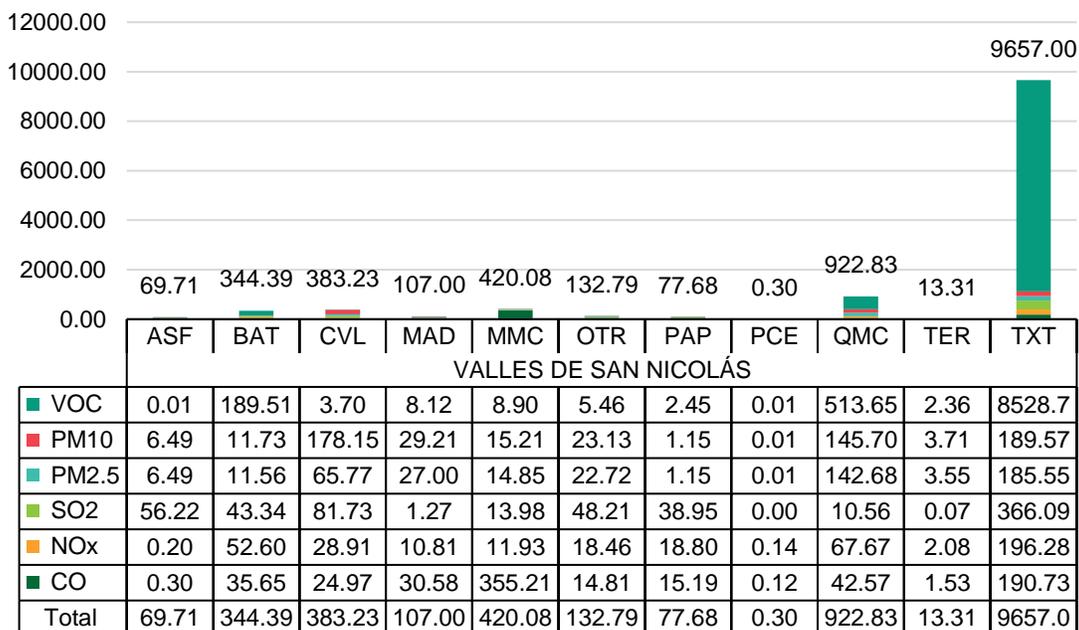


Figura 18. Emisiones de contaminantes criterios asociadas a fuentes fijas puntuales por tipo de sector productivo en el Valle de San Nicolás.

La **Figura 18** expone las emisiones de los contaminantes criterios discriminados por sector productivo para la subregión Valles de San Nicolás. Es notorio que el sector textil presenta emisiones de compuestos orgánicos volátiles mucho más altas con respecto a los demás sectores productivos, con una emisión de 9.657,00 ton para el año 2022, mientras que las emisiones de este mismo contaminante en los sectores productivos restantes no supera 520 toneladas por año. Este valor extremo se debe, como se mencionó con anterioridad, a que esta subregión cuenta con varias empresas dedicadas al teñido de telas que generan altas emisiones de compuestos orgánicos volátiles. Además, este sector productivo presenta los niveles más elevados de emisiones en todos los contaminantes criterio presentados en la figura, a excepción de las emisiones de monóxido de carbono, que es el sector metalmeccánico (MMC) el que presenta las emisiones más altas de CO con un total de 355,21 toneladas. Mientras que, por su parte, el sector de plásticos, cauchos y empaques (PCE) presenta las emisiones más bajas de contaminantes criterio, descargando a la atmósfera 0,30 toneladas al año. El sector químico es el segundo sector que presenta los niveles de emisiones más altos después del sector textil, emitiendo 922,83 toneladas en el año. Estas emisiones, en su mayoría están asociadas a compuestos orgánicos volátiles.

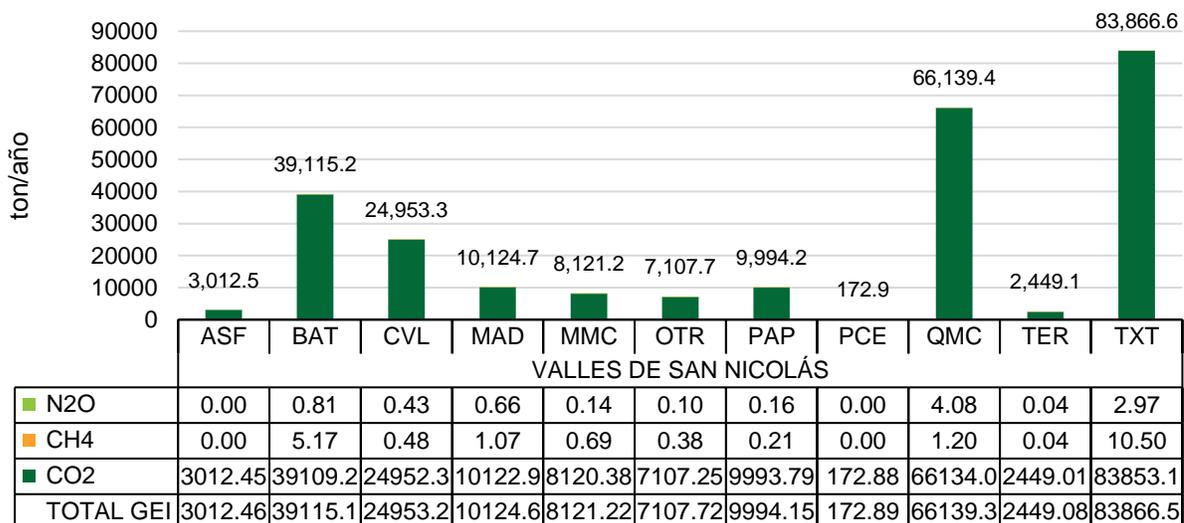


Figura 19. Emisiones de gases de efecto invernadero asociadas a fuentes fijas puntuales por tipo de sector productivo en el Valle de San Nicolás.

En cuanto a las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas a los sectores productivos que se encuentran en Valles de San Nicolás, nuevamente, es el sector textil el que presenta las emisiones más altas, con un total de 83.866,58 toneladas de gases de efecto invernadero para el año 2022. Por su parte, el sector químico es el segundo sector productivo con los niveles más altos de emisiones, descargando a la atmósfera un total de 66.139,38 toneladas de gases de efecto invernadero en 2022. El sector de alimentos es el tercer sector que mayores descargas hace a la atmósfera con un total de 39.155,19 toneladas al año. Los sectores de plásticos, asfaltos y terciario presentan las emisiones más bajas en la subregión.

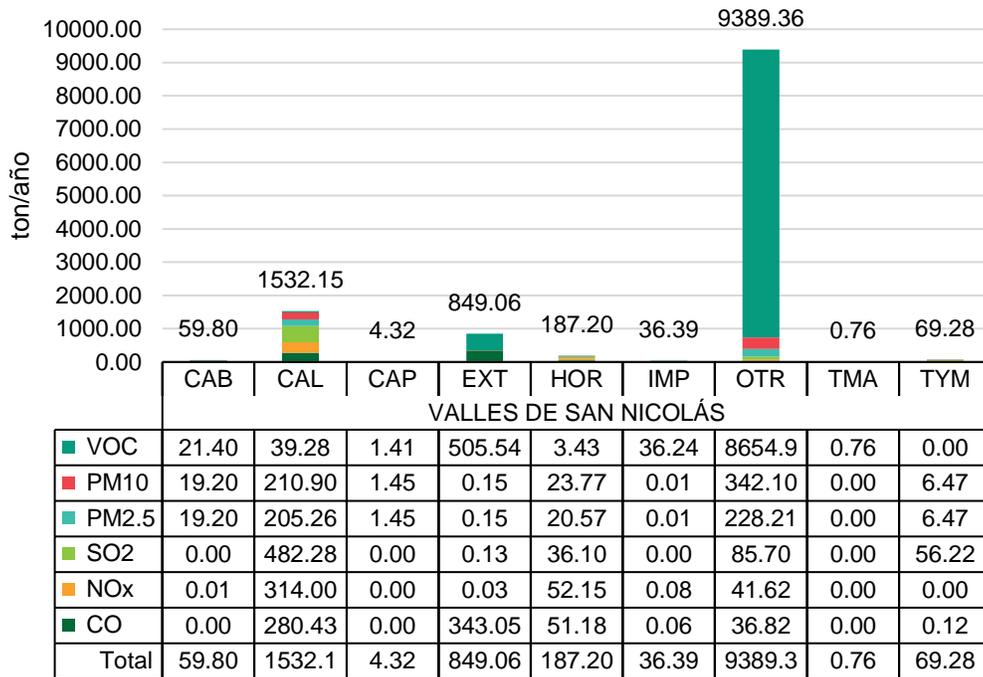


Figura 20. Emisiones de contaminantes criterios asociadas a fuentes fijas puntuales por tipo de equipo en el Valle de San Nicolás.

En la **Figura 20** se presentan las emisiones de contaminantes criterio de San Nicolás generadas por cada tipo de equipo emisor. Es notoria la emisión que generan los equipos que no cuentan con una clasificación específica, particularmente de las emisiones de compuestos orgánicos volátiles, con un valor de 8.654,90 toneladas por año. Estas emisiones están asociadas al sector textil, en el cual, diferentes empresas se dedican al teñido de telas. Por otro lado, las calderas, son el segundo tipo de equipo que presentan los niveles más altos de emisión de contaminantes, en su mayoría dióxido de azufre, emitiendo un total de 1.532,15 toneladas de contaminantes criterio en 2022. Los equipos de transferencia de masa presentan los niveles más bajos de emisiones, descargando a la atmósfera solamente compuestos orgánicos volátiles, con un total de 0,76 toneladas al año.

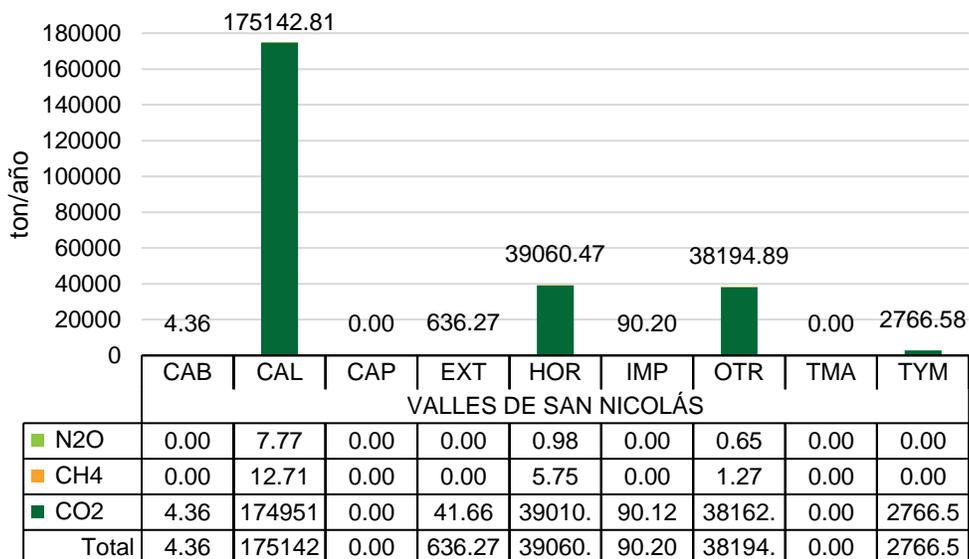


Figura 21. Emisiones de gases de efecto invernadero asociadas a fuentes fijas puntuales por tipo de equipo en el Valle de San Nicolás.

En cuanto a las emisiones de gases de efecto invernadero, son las calderas las que presentan niveles más altos, emitiendo un total de 175.142,81 toneladas en el año 2022, seguidas de los hornos que descargan a la atmósfera hasta 39.060,47 toneladas de gases de efecto invernadero, en su mayoría dióxido de carbono. Los equipos que no cuentan con una clasificación específica también presentan emisiones considerables de gases de efecto invernadero, generando 38.194,89 toneladas en 2022.

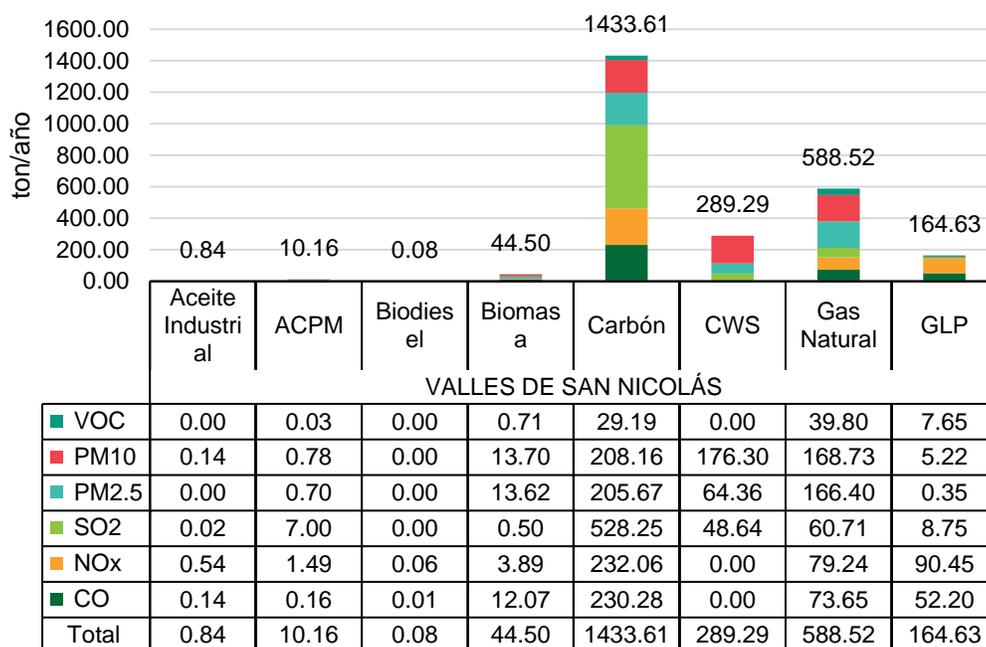


Figura 22. Emisiones de contaminantes criterios asociadas a fuentes fijas puntuales por tipo de combustible en el Valle de San Nicolás.

En la **Figura 22** se presentan las emisiones de los contaminantes criterios generadas en Valles de San Nicolás, asociadas a los diferentes tipos de combustibles utilizados por los equipos emisores. En esta, se puede observar que el Carbón es el combustible con mayores emisiones, particularmente de dióxido de azufre, descargando a la atmósfera, 1.433,61 toneladas de contaminantes criterio en 2022. El gas natural, fue el segundo tipo de combustible que más emisiones generó, especialmente PM10, emitiendo un total de 588,52 toneladas en el mismo año. Por el contrario, el biodiesel fue el combustible que presentó los niveles más bajos de emisiones de contaminantes criterios, produciendo un total de 0,08 toneladas por año.

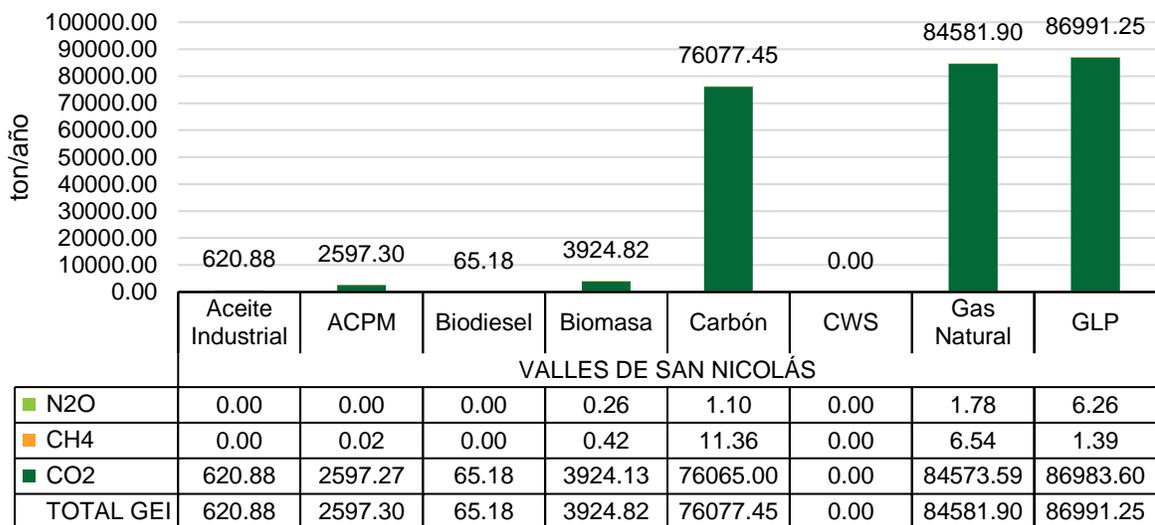


Figura 23. Emisiones de gases de efecto invernadero asociadas a fuentes fijas puntuales por tipo de combustible en el Valle de San Nicolás.

En cuanto a la emisión de gases de efecto invernadero generada en la subregión de Valles de San Nicolás y que está asociada a los tipos de combustibles utilizados en los equipos emisores, se tiene que el gas propano licuado es el que presenta mayores emisiones, en especial de dióxido de carbono, emitiendo un total de 86.991,25 toneladas en el 2022, seguido del gas natural que emite para este mismo año un total de 84.581.90 toneladas de gases de efecto invernadero. El carbón, por su parte, es el tercer combustible con los niveles de emisión de gases de efecto invernadero más altos emitiendo 76.077,45 toneladas al año. Por el contrario, el CWS no genera emisiones de gases de efecto invernadero y el biodiesel descarga la menor cantidad de estos gases a la atmósfera con un total de 65,18 toneladas en el año 2022.

2.1..1 Bosques

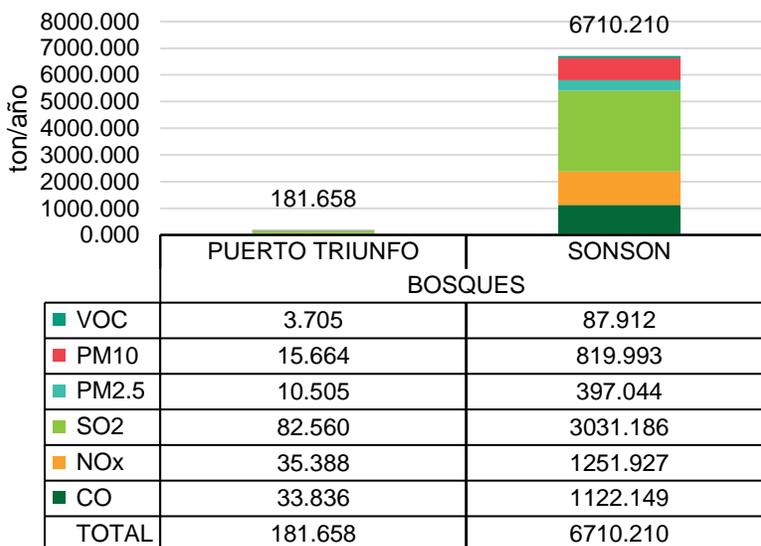


Figura 24. Emisiones de contaminantes criterios asociadas a fuentes fijas puntuales en los municipios de Bosques.

En la **Figura 24** es evidente que en el municipio de Sonsón se dan los niveles más altos de emisión de contaminantes criterio, con un total de 6.710,21 toneladas en al año 2022, siendo el dióxido de azufre el contaminante más emitido en este municipio, con una descarga de 3.031,19 toneladas al año, esto debido a que en Sonsón se encuentran ubicadas un mayor número de fuentes fijas de la subregión. Por otra parte, la emisión en el municipio de Puerto Triunfo es mucho menor, ya que para el mismo año se emite un total de 181,66 toneladas de contaminantes criterio, siendo de nuevo, el dióxido de azufre el contaminante que presenta los valores más elevados. Para esta subregión en específico, las emisiones de compuestos orgánicos volátiles son mucho más bajas en comparación con los contaminantes criterio restantes.

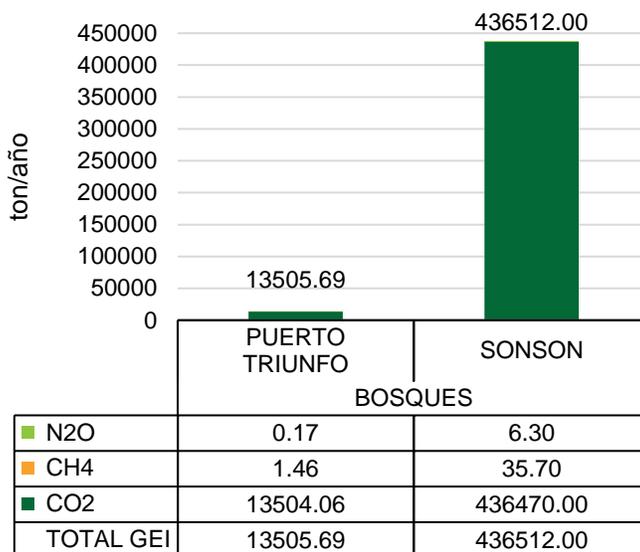


Figura 25. Emisiones de gases de efecto invernadero asociadas a fuentes fijas puntuales para los municipios de Bosques.

Al igual que en la **Figura 25**, para esta subregión, las emisiones de gases de efecto invernadero son mucho mayores en el municipio de Sonsón, emitiendo un total de 436.512 toneladas en el 2022, siendo el dióxido de carbono el gas más emitido en ambos municipios de la subregión, ya que en Sonsón se descarga a la atmósfera 436.470 toneladas de CO₂ y en Puerto Triunfo 13.504,06 toneladas en el año 2022.

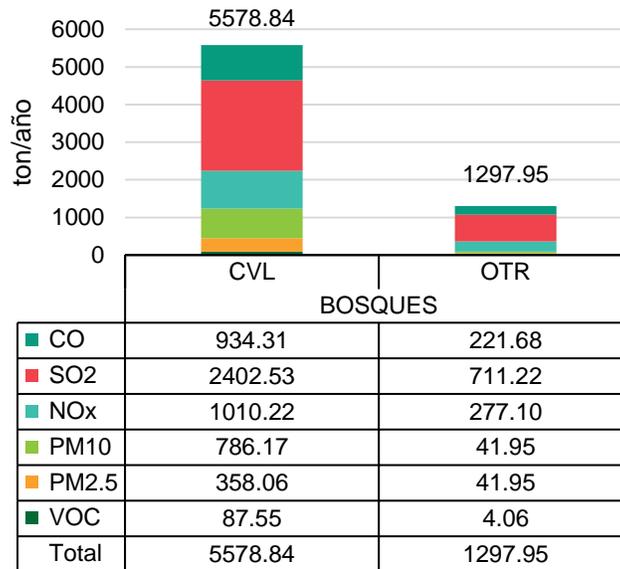


Figura 26. Emisiones de contaminantes criterios asociadas a fuentes fijas puntuales por tipo de sector productivo en la subregión de Bosques.

En cuanto a los sectores productivos identificados en la subregión Bosques, se encontró que esta subregión cuenta con empresas pertenecientes al sector de cerámicos, vitreos y ladrillos (CVL) y que algunas otras no se incluían en la clasificación de sectores productivos propuesta en este informe, por lo que se representan como pertenecientes a otros tipos de sectores productivos (OTR). Sin embargo, el sector productivo de cerámicos, vitreos y ladrillos representa la mayor cantidad de emisión de contaminantes criterio, descargando en la atmósfera un total de 5.578,84 toneladas al año 2022. Para este sector productivo, el dióxido de azufre es el contaminante que presenta la emisión más elevada, descargando a la atmósfera un total de 2.402,53 toneladas. Por otro lado, las empresas que pertenecen a otros tipos de sectores productivos presentaron una emisión total de 1.297,95 toneladas al año, emitiendo, en su mayoría, dióxido de azufre.

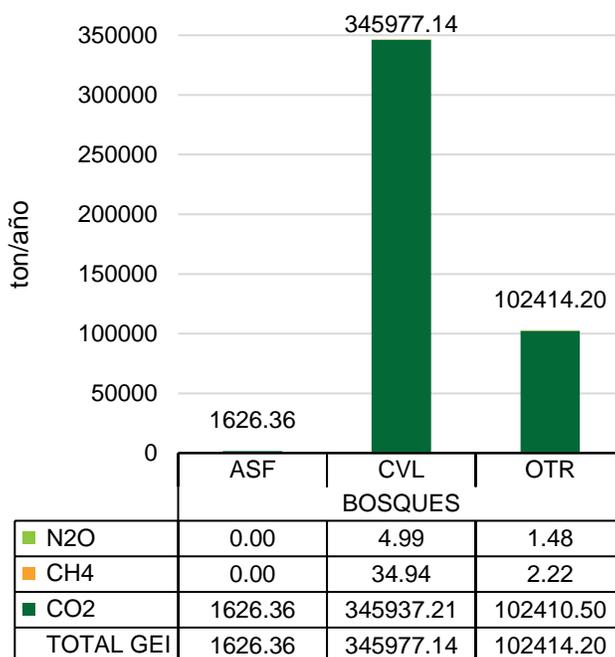


Figura 27. Emisiones de gases de efecto invernadero asociadas a fuentes fijas puntuales por tipo de sector productivo en la subregión de Bosques.

En la **Figura 27** se presentan las emisiones de gases de efecto invernadero para cada uno de los sectores productivos identificados en la subregión Bosques. Estos sectores son: sector de asfaltos (ASF), sector de cerámicos, vítreos y ladrillos (CVL); y otros sectores productivos que no entran en ninguna clasificación del inventario (OTR). El sector CVL presentó la mayor cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero en la subregión, con un total de 345.977,14 toneladas, de las cuales, la mayoría están asociadas a emisiones de dióxido de carbono, con una descarga de 345.937,21 toneladas de CO₂ en el año 2022. Por el contrario, el sector de asfaltos (ASF) presenta las emisiones más bajas en cuanto a gases de efecto invernadero, emitiendo 1.626,36 toneladas de dióxido de carbono a la atmósfera en el mismo año, ya que no genera emisiones de óxido nítrico ni de metano.

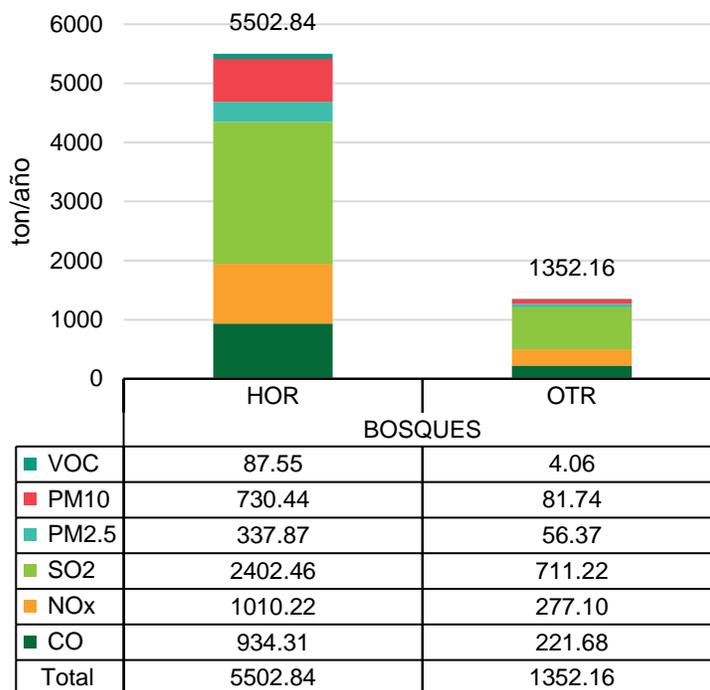


Figura 28. Emisiones de contaminantes criterios asociadas a fuentes fijas puntuales por tipo de equipo en la subregión de Bosques.

En cuanto a las emisiones de contaminantes criterios asociadas a los tipos de equipos identificados en la subregión Bosques, se tiene que solo generan emisiones los hornos y los equipos restantes que se clasificaron como otros tipos de equipo. Las emisiones más altas de contaminantes criterio se generan en los hornos. Estos emiten en total 5.502,84 toneladas para el año 2022, de las cuales, la mayoría están asociadas al dióxido de azufre, con una emisión de 2.402,46 toneladas. Por otro lado, las emisiones generadas por otro tipo de equipos suman 1.352,16 toneladas de contaminantes criterios, de los cuales, nuevamente el dióxido de azufre es el más común, con una emisión de 711,22 toneladas.

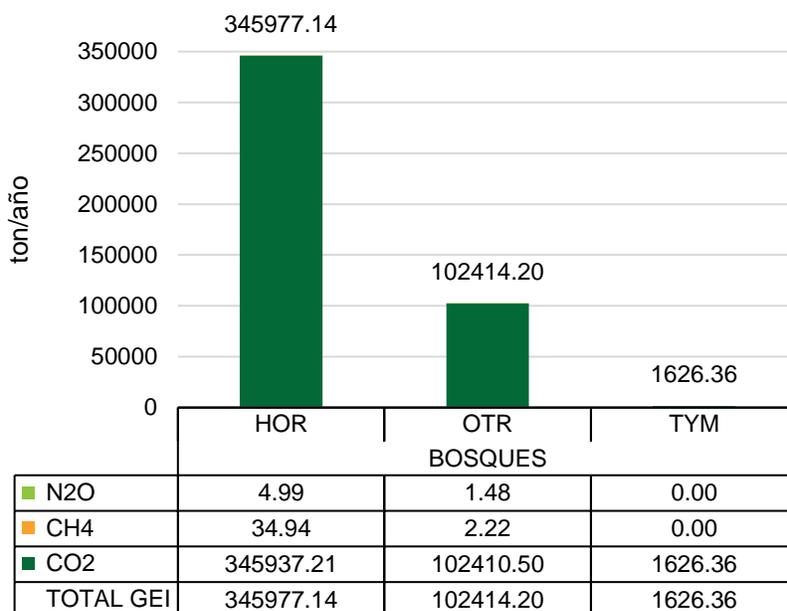


Figura 29. Emisiones de gases de efecto invernadero asociadas a fuentes fijas puntuales por tipo de equipo en la subregión de Bosques.

En cuanto a las emisiones de gases de efecto invernadero generadas por los equipos identificados en la subregión Bosques, se tiene que los hornos poseen los niveles de emisión más altos, descargando 345.977,14 toneladas de gases de efecto invernadero a la atmósfera, de los cuales, el mayor porcentaje pertenece a las emisiones de dióxido de carbono con 345.937,21 toneladas en el año 2022, mientras que, las emisiones de óxido nitroso generadas por hornos son más bajas, con 5 toneladas por año. Por otra parte, los equipos asociados a procesos de trituración o molienda presentan los niveles más bajos de emisiones de gases de efecto invernadero, aportando a la atmósfera 1.626,36 toneladas al año de dióxido de carbono. Los otros equipos (OTR), es decir, aquellos que no entran en la clasificación considerada en el inventario, generan aproximadamente la tercera parte de las emisiones de gases de efecto invernadero generadas por los hornos, emitiendo un total de 102.414,20 toneladas en 2022.

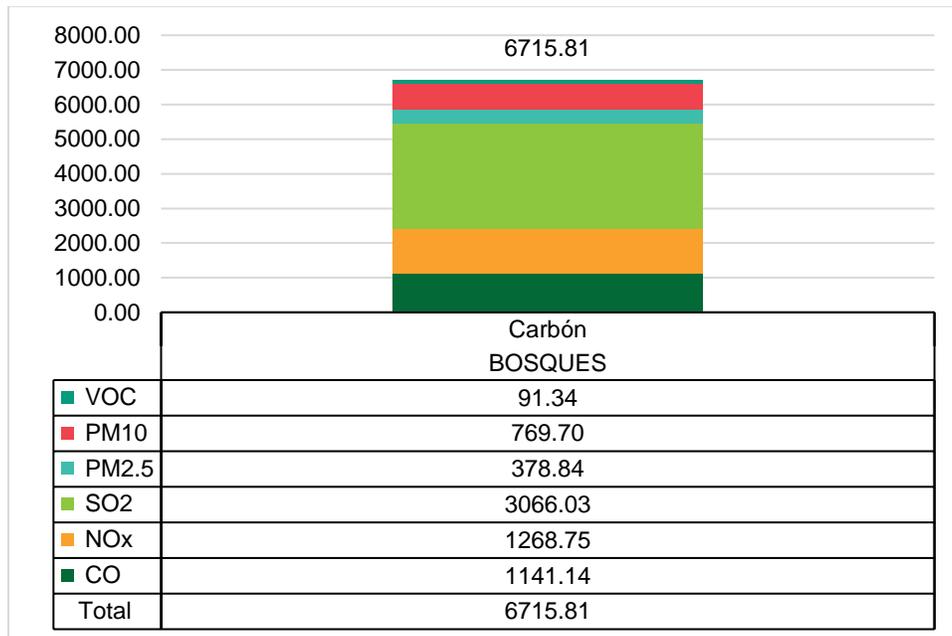


Figura 30. Emisiones de contaminantes criterios asociadas a fuentes fijas puntuales por tipo de combustible en la subregión de Bosques.

Para la subregión Bosques, el combustible que genera emisiones más significativas de contaminantes criterio es el carbón, emitiendo un total de 6.715,81 toneladas en el año 2022, de las cuales, la mayoría corresponden al dióxido de azufre, con un total de 3.114 toneladas. El ACPM también se identificó como combustible utilizado en los equipos pertenecientes a esta subregión, sin embargo, las emisiones son muy bajas, de alrededor de 15 ton/año, por lo que no se incluyen en la gráfica. Por otro lado, las emisiones de compuestos orgánicos volátiles generados por la combustión de carbón en la subregión Bosques son bajas, aportando a la atmósfera un total de 91,34 toneladas de estos contaminantes.

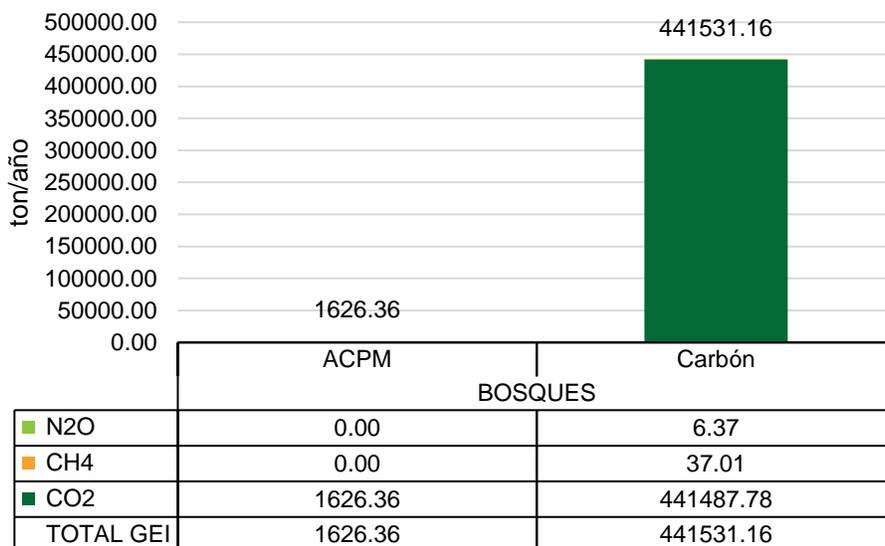


Figura 31. Emisiones de gases de efecto invernadero asociadas a fuentes fijas puntuales por tipo de combustible en la subregión de Bosques.

En cuanto a las emisiones de gases de efecto invernadero, nuevamente se tiene que el carbón es el mayor generador de emisiones, descargando a la atmósfera un total de 441.531,16 toneladas en el 2022, de las cuales, el mayor porcentaje son emisiones de dióxido de carbono. Por otra parte, el ACPM solo genera emisiones de dióxido de carbono, emitiendo 1.626,36 toneladas a la atmósfera.

2.1.7. Páramo

Tabla 20. Emisiones de contaminantes criterio en ton/año en la subregión Páramo.

EMISIONES CONTAMINANTES CRITÉRIO - PÁRAMO						
	CO	NO _x	PM2.5	PM210	VOC	SO ₂
MUNICIPIO						
Sonsón	0,0679	0,16	2,93	8,02	0,01	0
SECTOR PRODUCTIVO						
CVL	0,0679	0,16	2,93	8,02	0,01	0
TIPO EQUIPO						
HOR	0,0679	0,16	1,34	3,68	0,01	0
TYM	0	0	1,59	4,35	0	0
TIPO COMBUSTIBLE						
Gas Natural	0,0679	0,16	1,34	3,68	0,01	0

En la **Tabla 20** se presentan de manera concreta las emisiones de contaminantes criterio de la subregión Páramo, la cual, cuenta con cuatro fuentes fijas puntuales pertenecientes a dos empresas del sector de cerámicos, vitreos y ladrillos, las cuales se dedican a la producción de cemento y están ubicadas en el municipio de Sonsón. Una de estas fuentes es un horno que funciona con gas natural, otras dos son molinos y una última es una trituradora. En términos generales, el horno, que funciona a gas natural, presenta emisiones de todos los contaminantes criterio, emitiendo en su mayoría, material particulado grueso (PM10), y generando emisiones totales de 5,26 ton/año. Por su parte los equipos de trituración y molienda (la trituradora y los dos molinos) solo presentan emisiones de material particulado con un total de 5,94 ton/año.

Tabla 21. Emisiones de gases de efecto invernadero en ton/año en la subregión Páramo.

EMISIONES GEI - PÁRAMO			
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
MUNICIPIO			
Sonsón	203,65	0	0
SECTOR PRODUCTIVO			
CVL	203,65	0	0
TIPO EQUIPO			
HOR	203,65	0	0

TYM	0	0	0
TIPO COMBUSTIBLE			
Gas Natural	203,65	0	0

En cuanto a los gases de efecto invernadero generados en la subregión de Páramo, solo se emite dióxido de carbono mediante la combustión del gas natural producida en el horno, descargando a la atmósfera 203,65 toneladas de CO₂ en 2022.

2.1.8. Porce-Nus

La subregión Porce-Nus únicamente cuenta con dos fuentes asociadas a una misma empresa del sector químico, por lo que, esta subregión solo presenta emisiones de dióxido de azufre en bajas cantidades, emitiendo 0,04 toneladas en 2022. Estas emisiones se presentan en el municipio de Santo Domingo. En cuanto a las descargas de gases de efecto invernadero a la atmósfera, estas fuentes no generan emisiones debido a que los equipos evaluados no realizan combustión. Revisar el Anexo “BD_CC_CORNARE” en la pestaña “Emisiones (ton-año)”.

2.1.9. Aguas

La subregión Aguas cuenta con una empresa del sector textil (TXT), sin embargo, la empresa aún no presenta informes isocinéticos, por lo que no es claro que tipo de equipo posee, por lo tanto, no fue posible hallar las emisiones de los contaminantes criterios ni de gases de efecto invernadero, así que no se incluye dentro de las emisiones del inventario.

2.1.10. Demanda energética

A partir de los datos de consumo de combustible de las empresas ubicadas en la jurisdicción de CORNARE se calculó la demanda energética en la región. Los resultados presentados en la **Tabla 22** muestran que el carbón es el combustible más utilizado, seguido por el GLP y el gas natural. Igualmente, en la **Figura 32** se observa que el 63% de la energía consumida es aportada por el carbón, mientras que el 26% corresponde al GLP y el 10% al gas natural.

Tabla 22. Demanda energética de las fuentes industriales

Combustible	Consumo	Unidades	PCI	Unidad	TJ/año
ACPM	1559.10	gal/año	42149.66	MJ/kg	3.00
Biodiesel	24.36	gal/año	37907.85	MJ/kg	3.06

Combustible	Consumo	Unidades	PCI	Unidad	TJ/año
Carbón	378757.51	ton/año	24405.43	MJ/kg	9243739.83
Biomasa	5568.45	ton/año	16979.09	MJ/kg	94547.26
Gas Natural	40389526.98	m3/año	38.67	MJ/m3	1561863.01
GLP	83696.44	ton/año	45.99	MJ/kg	3849199.33
Total					14749355.49

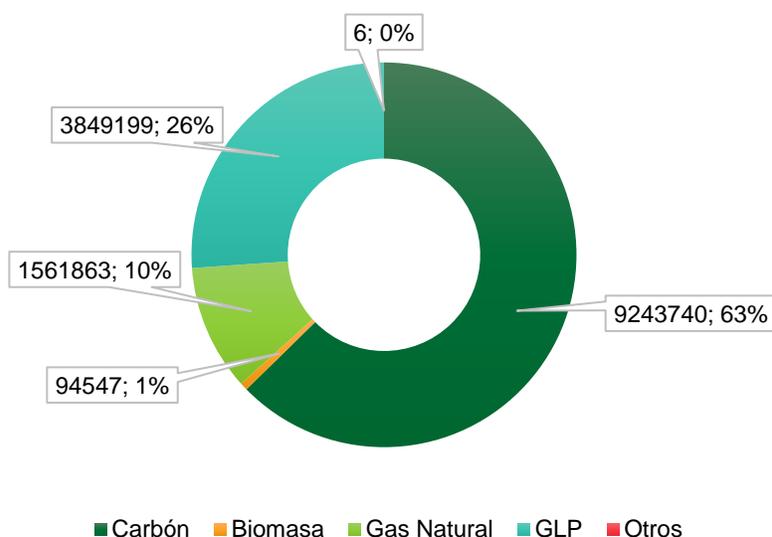


Figura 32. Distribución energética (TJ) de las fuentes fijas

En cuanto a la distribución de la demanda energética de las fuentes fijas por sector productivo se tiene como la mayor consumidora de energía para la jurisdicción a la industria química con 73% de la demanda. Además, el sector textil representa el 24% y el sector de bebidas, alimentos y tabaco un 3%. Finalmente, los sectores MMC, PAP, PCE, TER, ASF, CVL y MAD fueron agrupados en la **Tabla 23** y la **Figura 33** con el sector OTR en donde la demanda energética es muy baja con el 0% de la energía total.

Tabla 23. Demanda energética por sector productivo y tipo de combustible

Sector	Demanda Energética (TJ/año)			
	GLP	GAS NATURAL	BIOMASA	CARBÓN

BAT	119959	567934	0	107447
OTR	487	710906	94547	8220187
QMC	2793383	237008	0	11922
TXT	935370	46016	0	904184

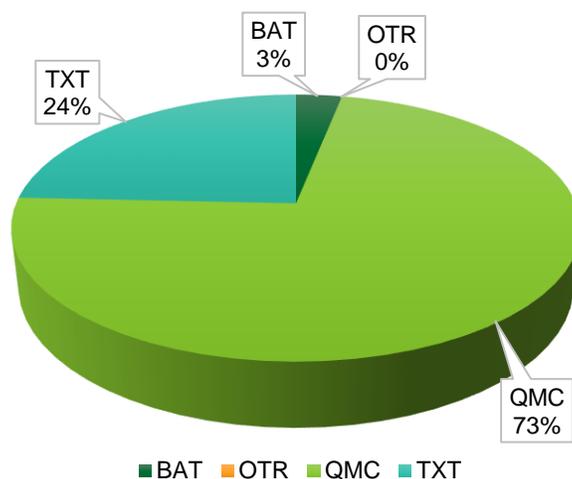


Figura 33. Distribución energética según el sector productivo

Por último, en la **Figura 34** se observa que el sector químico consume cerca del 70% de GLP y aproximadamente el 15% de gas natural. Por otro lado, la industria de cerámicos y vítreos consume cerca del 68% de carbón. Para el caso de la biomasa, casi el 100% del consumo de este combustible es hecho por aserríos, depósitos de maderas e industrias que trabajan la madera. Finalmente, la industria de bebidas, alimentos y tabacos consume cerca del 40% de gas natural.

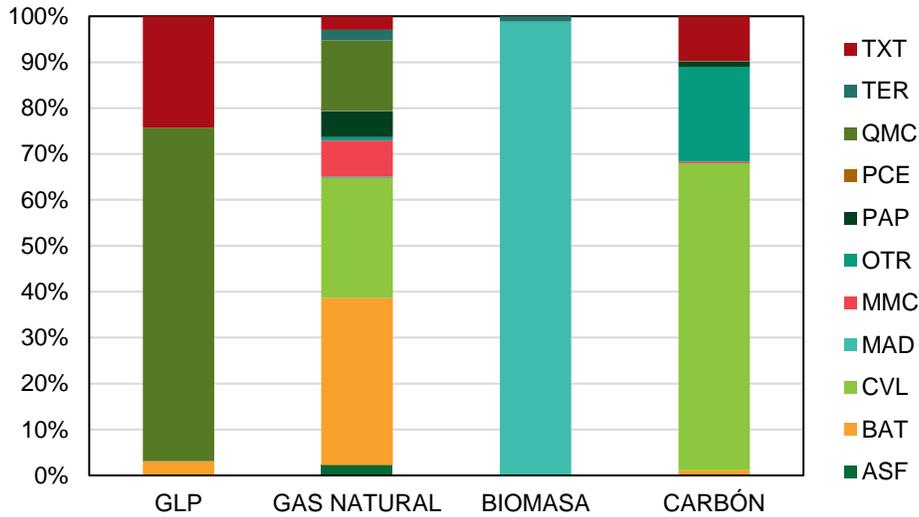


Figura 34. Distribución energética por actividad productiva y tipo de combustible

2.2 FUENTES FIJAS DISPERSAS O DIFUSAS

Se recibió una base de datos entregada por Cornare denominada “Base de datos licencias enero del 2023”, en donde se tiene una pestaña denominada “MINEROS” con un listado de 77 empresas y otra pestaña denominada “Legalización Minera” con un listado de 19 proyectos mineros que se les ha impuesto alguna medida preventiva o tienen suspendidas las actividades. Para estas empresas se revisaron los expedientes de la Corporación, en donde se encontró que a varias de ellas se les expresaba pérdida de la licencia ambiental o el usuario renunciaba a la concesión minera.

Una vez revisados los expedientes, se concluye que las empresas activas y que poseen fuentes fijas difusas son las que se encuentran en el listado general de empresas asociadas a fuentes difusas, anexo “LISTADO_EMPRESAS_IE_CORNARE”, específicamente en la tabla 2.

El listado inicial de empresas y las principales observaciones encontradas después de su revisión en las bases de datos de la corporación se encuentra en el anexo “BD_IEmisiones_CORNARE” en la pestaña “EmisionesFFD”.

De las empresas identificadas 19 pertenecen a la subregión Valles de San Nicolás, 6 a Bosques, 12 a Páramo, 1 a Porce-Nus y 2 a Aguas. (Ver **Figura 35**).

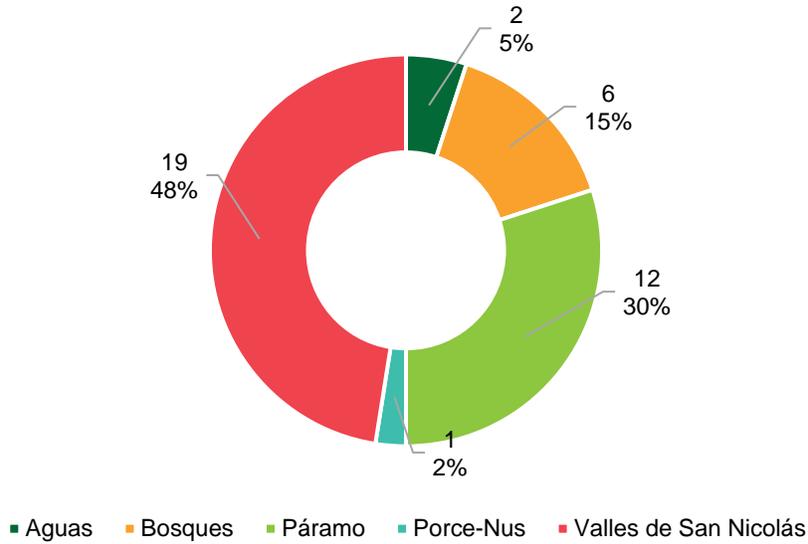


Figura 35. Distribución porcentual de empresas que cuentan con fuentes fijas dispersas por subregión

Distribuidas por municipios, se logró evidenciar que los municipios que presentan el mayor número de empresas registradas son Sonsón (9 empresas) y La Unión (8 empresas). Estos municipios pertenecen a la Subregión de Páramo y Valles de San Nicolás respectivamente (Ver **Figura 36**)

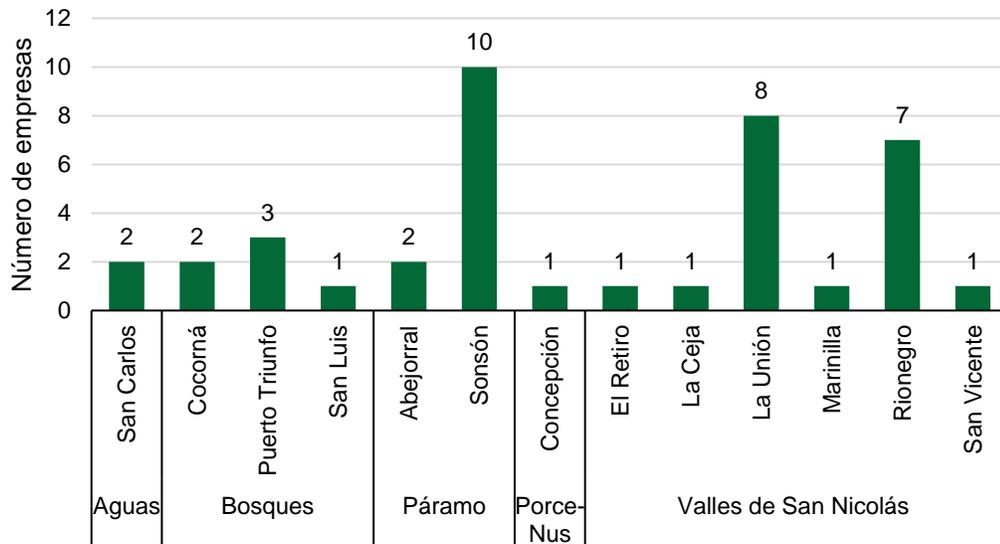


Figura 36. Número de empresas por municipio y por subregión.

2. EMPRESAS IDENTIFICADAS POR CLASIFICACIÓN MINERA

Esta información se resume en la **Tabla 24** y **Figura 37**, según lo consultado previamente en los expedientes de la corporación, donde se puede identificar que la subregión con mayores registros de actividad minera es Valles de San Nicolás, de los cuales el 69% se asocia a la minería de materiales de construcción como los materiales pétreos, arenas, gravas y roca en general. Para el grupo de los no metálicos en este caso, el mármol, las arcillas y la caliza el mayor registro lo tiene la subregión de Páramo con el 46% de estos minerales. Para el resto de las subregiones la explotación de materiales no metálicos se da de manera resaltada especialmente en la subregión de Valles de San Nicolás.

Tabla 24. Número de empresas identificadas según el tipo de mineral explotado que se encuentran registradas en las subregiones.

Clasificación de Minerales	CNTR	NMET
Aguas	1	1
Bosques	2	4
Páramo	1	11
Porce-Nus	1	
Valles de San Nicolás	11	8

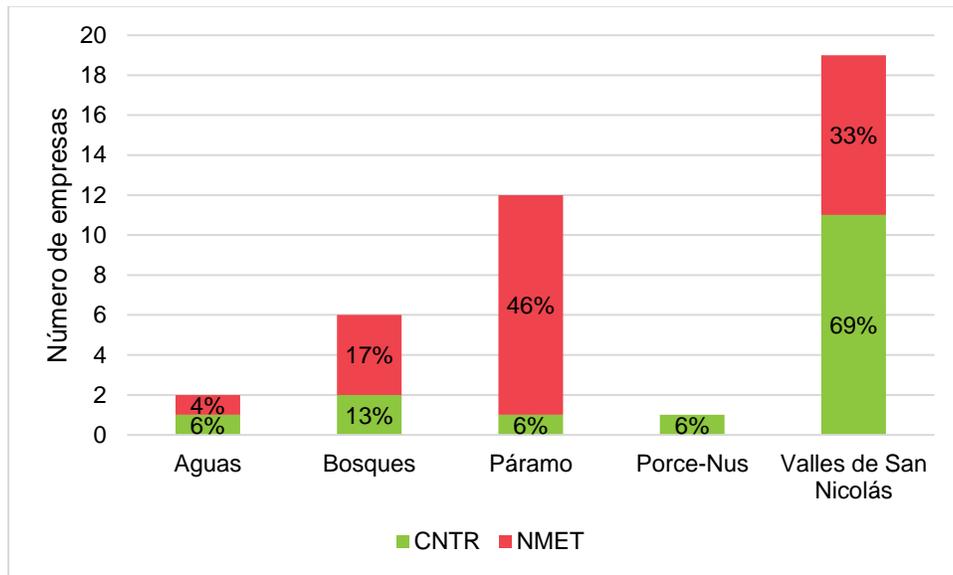


Figura 37. Distribución por número de empresas identificadas según el tipo de mineral explotado que se encuentran registradas en las subregiones

3. EMPRESAS IDENTIFICADAS POR SECTORES PRODUCTIVOS

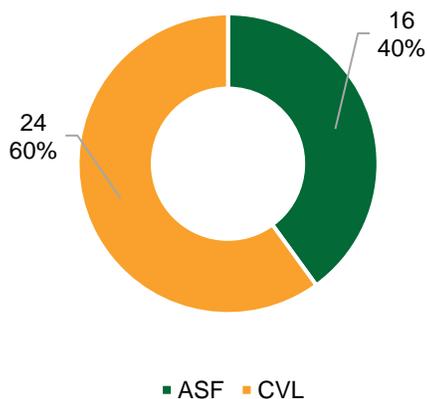
La información recopilada permitió categorizar cada una de las empresas en función del sector productivo. La **Tabla 25** presenta el resumen de las actividades económicas encontradas y su descripción:

Tabla 25. Sectores productivos identificados

CONVENCIONES POR TIPO DE SECTOR PRODUCTIVO	
ASF	Derivados del petróleo; Producción y procesamiento asfaltos y emulsiones asfálticas, explotación y tratamiento de triturados
CVL	Cerámicos, vítreos, ladrilleras, alfareras y tejares.
OTR	Otras Industrias. En este sector se agrupa las industrias que no se pueden clasificar según ninguna de las anteriores clasificaciones. Se incluye la industria generadora de energía y la minería de oro y minerales metálicos.

La distribución de empresas por sector productivo, así como el número de empresas asociadas a dichos sectores se presenta en la **Figura 38** y en la **Tabla 26**, respectivamente. La recopilación de información previa permitió identificar que el sector productivo con mayor número de empresas es el sector de Cerámicos, Vitreos y Ladrilleras (CVL) con 24 empresas.

Tabla 26. Número de empresas identificadas por sector productivo



Sector Productivo	Número de Empresas
ASF	16
CVL	24

Figura 38. Distribución de empresas identificadas por sector productivo.

En la **Tabla 27** se muestran los resultados correspondientes al número de empresas por sector productivo obtenidas para cada subregión, la mayor cantidad de empresas por sector productivo corresponden a la subregión de Valles de San Nicolás.

Tabla 27. Número de empresas por sectores productivos que se encuentran registradas en las Subregiones

Subregión	Sector Productivo	
	ASF	CVL
Aguas	1	1
Bosques	2	4
Páramo	1	11
Porce-Nus	1	
Valles de San Nicolás	11	8

En la **Figura 39** se muestra la distribución de empresas por sectores productivos identificadas para los municipios pertenecientes a las subregiones en jurisdicción de CORNARE, donde se observa mayor número de sectores productivos por empresa en los municipios de Sonsón, La Unión y Rionegro.

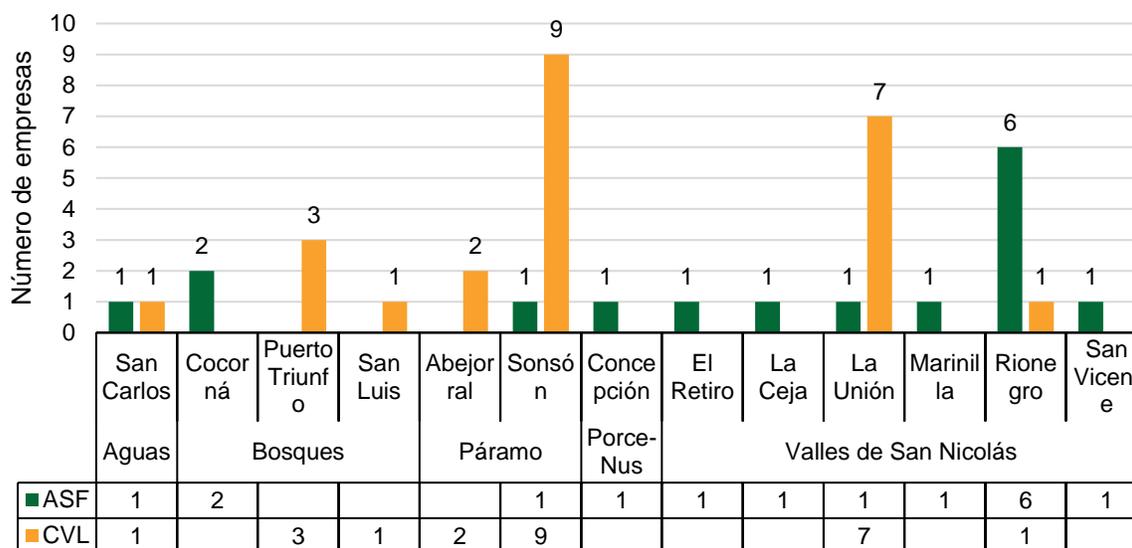


Figura 39. Distribución de las empresas por sectores productivos identificadas para los municipios pertenecientes a las subregiones de CORNARE.

5. EMISIONES TOTALES DE MATERIAL PARTICULADO

Inicialmente se contaba con 40 empresas que involucran actividades con material de arrastre a cielo abierto, después de la revisión de expedientes de la corporación y los formatos diligenciados por los usuarios, dado que la disponibilidad de la información es esencial, solo se logró estimar las emisiones de 38 empresas. Esta estimación se hizo a partir de las empresas mineras activas, sus datos reportados de producción o extracción anual y mediante los factores de emisión según su proceso se calcularon las emisiones totales de material particulado emitido por las fuentes fijas dispersas. Se presentan los resultados generales a continuación:

Tabla 28. Emisiones totales por tipo de partícula asociado a fuentes fijas dispersas

Emisiones totales por tipo de partícula emitido por fuentes fijas difusas	
Contaminante Material Particulado	Emisión (ton/año)

PM2.5	559,42
PM10	3754,80
TSP	7951,52

La **Tabla 28** presenta las emisiones del material particulado por tipo de partícula (PM_{2.5}, PM₁₀, PM_{TSP}) en ton/año, asociadas a la actividad minera de material de arrastre, arcillas y minerales similares para la jurisdicción de CORNARE.

En la **Figura 40** se presentan las emisiones totales por tipo de partícula asociadas a fuentes fijas dispersas para cada subregión de la Corporación. Al comparar estos resultados, se puede observar que en la subregión de Páramo es en donde se concentran la mayor cantidad de emisiones de material particulado. Sin embargo, como se observa en la **Figura 39** para la subregión de Valles de San Nicolás se tienen 19 empresas; no obstante, solo se pudo hacer la estimación de las emisiones detallada con cada uno de los subprocesos que realizan a 5 de ellas.

Al igual que Páramo, se tenían 12 empresas, la estimación solo se realizó con 5 que enviaron el formulario diligenciado y a una de ellas no se le encontró el dato de la producción, debido a que en la revisión del expediente se encontró que no han entregado el Informe de Cumplimiento Ambiental. Lo mismo ocurrió en la subregión de Aguas puesto que se tenían 2 empresas identificadas y a una de ellas tampoco se le encontró el valor de la producción en el expediente.

Para Bosques se identificaron 6 empresas de las cuales sólo a 4 se les estimó cada uno de sus procesos. Por último, se tiene a la subregión de Porce-Nus a la que solo se identificó una empresa relacionada con fuentes fijas dispersas, dado que la mayoría de las empresas que pertenecen a esta subregión son de extracción de oro, y para este tipo de procesos productivos aún no se tiene una metodología de estimación de las emisiones.

Por lo tanto, es necesario tener presente que la estimación sólo se realizó detalladamente para el 37% de las empresas identificadas inicialmente. Por consiguiente, este resultado es útil como acercamiento al tema de las emisiones por parte de la Corporación.

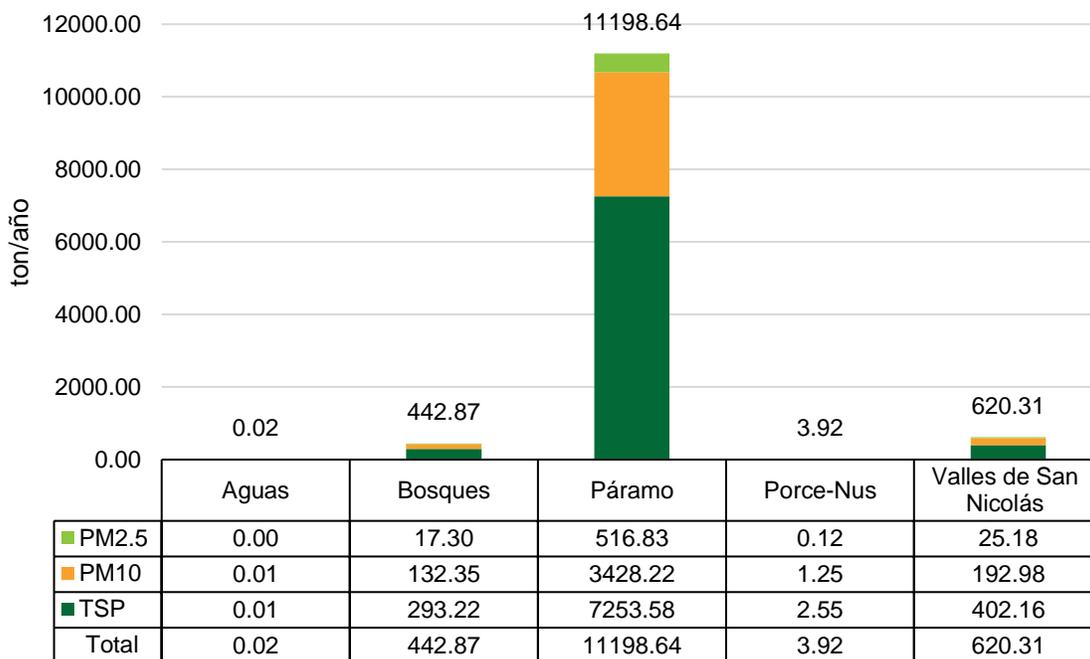


Figura 40. Emisiones totales de material particulado asociados a fuentes fijas dispersas por subregión.

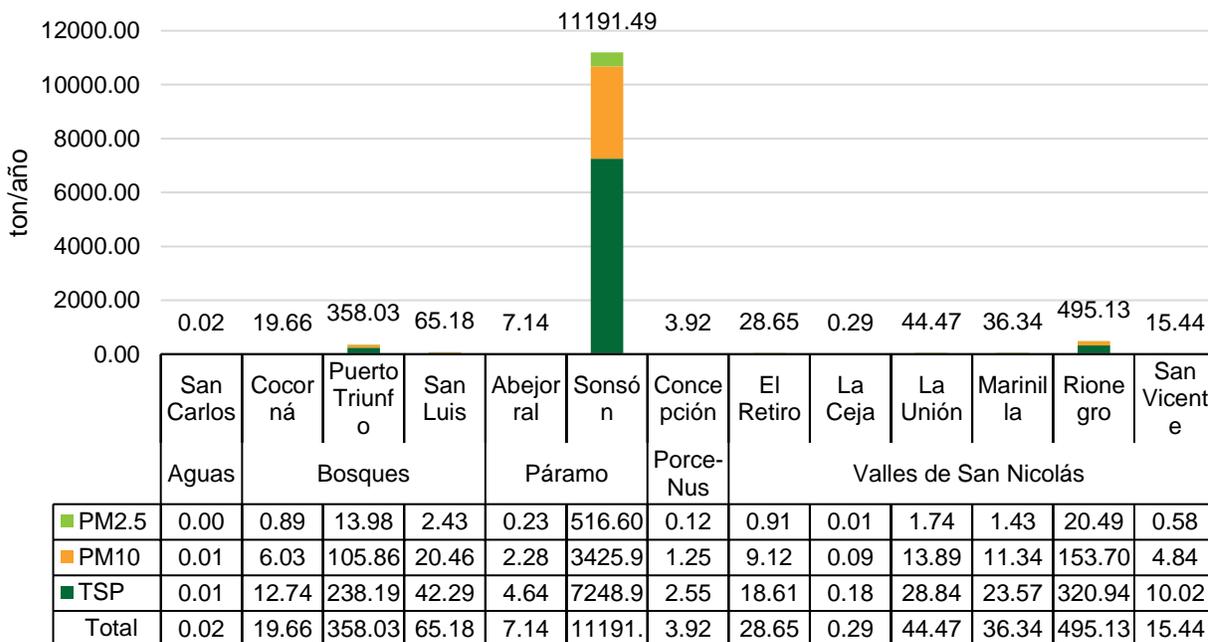


Figura 41. Emisiones totales de material particulado asociados a fuentes fijas dispersas por subregión y municipio.

La **Figura 41** presenta las emisiones totales para cada tipo de partícula del material particulado en ton/año asociado a fuentes fijas dispersas por subregión y municipios. En la cual se puede observar que en el municipio de Sonsón se presenta un nivel muy alto de emisiones de material particulado y esto es debido principalmente a que cuenta con un gran número de empresas dedicadas a los sectores de cerámicos, vítreos, ladrilleras, alfareras y tejares. Algo similar sucede en el municipio de Puerto Triunfo, ya que, a pesar de tener solo 3 empresas, su nivel de emisiones por partícula es alto con respecto a los demás municipios pues se dedican al mismo sector productivo de (CVL). Rionegro presenta valores elevados a causa del número de empresas asociadas a una alta actividad productiva de manejo de triturados, el cual emite material particulado a la atmósfera.

Esto demuestra, que estas empresas deben evaluar la eficiencia de sus sistemas de control de emisiones existentes o en el caso de no contar con ellos, se proporcione uno a cada tipo de proceso que se tenga en la empresa, ya que de esta manera se garantiza un debido control de las emisiones de Material Particulado a la atmósfera. Para el resto de los municipios se puede decir que la actividad minera que realizan no genera grandes cantidades de emisiones descargadas a la atmósfera.

Además, se debe tener en cuenta que en la zona existen otros tipos de fuentes que emiten contaminación, con el agravante de que algunas vías que utilizan varias de estas industrias no están pavimentadas, por lo que los vehículos pesados que transitan incrementan de manera significativa la resuspensión del Material Particulado.

2.3 FUENTES FIJAS DE ÁREA

2.3.1. VENTA DE COMBUSTIBLE.

En la **Tabla 29** se muestran los datos de ventas de combustible para el año 2022 en los municipios que están en jurisdicción de CORNARE en litros por año (l/año). En negrilla se presentan los valores más altos por subregión. Así, por ejemplo, en la subregión Agua, se puede observar que El Peñol es el municipio con mayor ventas de combustible, demandando en su mayoría gasolina. Mientras que, para la subregión Bosques, el municipio que presenta mayor demanda de combustible es Puerto Triunfo, el cual presenta mayores ventas de Diesel. En cuanto a la subregión de Páramo, Sonsón es el municipio que reporta mayores ventas de combustible, demandando en su mayoría gasolina. En la subregión de Porce–Nus, es San Roque el municipio que mayores ventas de combustible tiene, demandando principalmente gasolina. Y finalmente, para Valle de San Nicolás, Rionegro es el municipio con mayor demanda de combustible, ya que la demanda de

gasolina es muy alta con respecto a los otros municipios, sin embargo, el municipio de Guarne reporta mayores ventas de Diesel.

Tabla 29. Venta de combustible por municipio en 2022.

Subregión	Municipio	Diesel	Gasolina	Total
AGUAS	GRANADA	604,617.04	507,858.18	1,112,475.22
	GUATAPÉ	890,264.08	3,924,167.99	4,814,432.07
	EL PEÑOL	2,406,396.49	5,631,929.21	8,038,325.71
	SAN RAFAEL	783,242.97	1,727,581.63	2,510,824.60
	SAN CARLOS	781,032.29	1,443,021.00	2,224,053.29
BOSQUES	COCORNÁ	1,708,135.98	2,211,701.50	3,919,837.48
	PUERTO TRIUNFO	12,989,274.80	5,698,525.93	18,687,800.73
	SAN FRANCISCO	1,552,487.49	734,498.24	2,286,985.73
	SAN LUIS	3,174,437.26	2,492,983.96	5,667,421.22
PÁRAMO	ABEJORRAL	909,073.78	1,127,719.06	2,036,792.85
	ARGELIA	64,552.60	240,381.11	304,933.70
	NARIÑO	463,406.11	371,935.46	835,341.57
	SONSÓN	2,033,128.57	3,152,243.40	5,185,371.97
PORCE - NUS	ALEJANDRÍA	230,062.08	258,021.12	488,083.19
	CONCEPCIÓN	244,590.48	381,050.73	625,641.21
	SAN ROQUE	837,419.76	1,292,429.82	2,129,849.58
	SANTO DOMINGO	440,629.29	672,447.80	1,113,077.10
VALLES DE SAN NICOLÁS	EL CARMEN DE VIBORAL	5,940,852.74	13,886,840.94	19,827,693.67
	EL SANTUARIO	17,677,574.09	7,926,421.42	25,603,995.51
	GUARNE	29,575,696.02	20,452,820.07	50,028,516.09
	LA CEJA	6,710,714.28	15,415,953.52	22,126,667.80
	LA UNIÓN	4,047,663.20	4,878,034.53	8,925,697.73
	MARINILLA	14,621,975.13	16,221,348.71	30,843,323.84
	EL RETIRO	3,980,528.96	12,862,179.66	16,842,708.62
	RIONEGRO	22,745,006.96	47,645,252.24	70,390,259.19
	SAN VICENTE FERRER	1,671,902.03	2,256,751.67	3,928,653.70

En la **Figura 42** se muestra las ventas totales de combustible en el año 2022 para cada subregión, en ella, se observa que la subregión con mayores ventas de combustible es

Valles de San Nicolás, con ventas totales de 248.517.516 litros en el 2022. Esta cifra incluye tanto gasolina como Diesel y su valor elevado se debe a que esta subregión cuenta con un mayor número de municipios, los cuales, en los últimos años han tenido un crecimiento poblacional e industrial vertiginoso. La segunda subregión con mayores ventas de combustible es Bosques, con una demanda total de 30.562.045 litros en 2022, sin embargo, esta cifra es aproximadamente la octava parte de las ventas de combustible de Valles de San Nicolás. La siguiente subregión con mayor demanda de combustible es Aguas con un total de 18.700.111 litros en 2022, seguida por Páramo que para este mismo año demandó 8.362.440 litros de combustible. Y finalmente, la subregión con menor demanda de combustible es Porce - Nus, con un total de 4.356.651 litros para 2022.

Ventas totales de combustible (l/año)

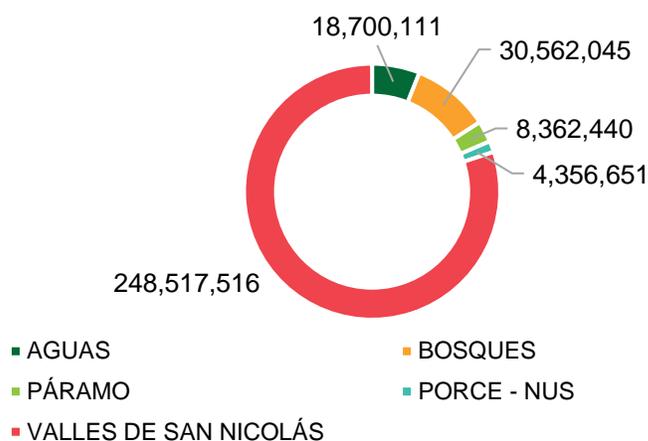


Figura 42. Venta total de combustible (gasolina y ACPM) por subregión en 2022.

2.3.2. EMISIONES DE COV's GENERADAS POR LAS ESTACIONES DE SERVICIO.

En la **Tabla 30** se presentan los resultados de las emisiones de compuestos orgánicos volátiles (COV) discriminadas por los municipios que hacen parte de la jurisdicción de CORNARE. Estas emisiones se presentan en ton/año y en **negrita** se muestran los valores más altos de emisiones de COV. En donde se aprecia que, para la gasolina el municipio con mayor aporte de COV es Rionegro con una emisión de **138.17 ton/año**, mientras que, para el Diesel, el municipio con mayor emisión de COV es Guarne con un valor de **5.21 ton/año**. Por otra parte, en cuanto a la emisión global de COV por parte de las estaciones de servicio, el municipio que mayor emisión presenta es Rionegro con una emisión de **142.17 ton/año**.

Tabla 30. Emisiones de COV generada en las estaciones de servicio en (ton/año).

Municipio	Emisión COV Diesel (ton/año)	Emisión COV Gasolina (ton/año)	VOC Total (ton/año)
Granada	0,11	1,47	1,58
Guatapé	0,16	11,38	11,54
El Peñol	0,42	16,33	16,76
San Rafael	0,14	5,01	5,15
San Carlos	0,14	4,18	4,32
Cocorná	0,30	6,41	6,71
Puerto Triunfo	2,29	16,53	18,81
San Francisco	0,27	2,13	2,40
San Luis	0,56	7,23	7,79
Abejorral	0,16	3,27	3,43
Argelia	0,01	0,70	0,71
Nariño	0,08	1,08	1,16
Sonsón	0,36	9,14	9,50
Alejandría	0,04	0,75	0,79
Concepción	0,04	1,11	1,15
San Roque	0,15	3,75	3,90
Santo Domingo	0,08	1,95	2,03
El Carmen de Viboral	1,05	40,27	41,32
El Santuario	3,11	22,99	26,10
Guarne	5,21	59,31	64,52
La Ceja	1,18	44,71	45,89
La Unión	0,71	14,15	14,86
Marinilla	2,57	47,04	49,62
El Retiro	0,70	37,30	38,00
Rionegro	4,00	138,17	142,17
San Vicente Ferrer	0,29	6,54	6,84

En la **Figura 43**, se exponen las emisiones totales de los compuestos orgánicos volátiles discriminados por las subregiones que hacen parte de la Corporación. En esta, es evidente que la subregión que aporta la mayor cantidad de compuestos orgánicos volátiles a la atmósfera durante el año 2022 es Valles de San Nicolás con un total de 429.31 ton/año, mientras que Porce-Nus es la subregión que menor aportes de VOC presenta, con un total de 7.86 ton/año. Lo anterior, se debe a que en Valles de San Nicolás se presenta una alta demanda de combustibles, esto debido al crecimiento demográfico que han venido presentando los municipios de esta subregión, además, del crecimiento industrial que

también se evidencia en la subregión, lo que hace que el número de vehículos particulares y de carga pesada aumente, elevando así la demanda de combustible y con esto las emisiones de compuestos orgánicos volátiles.

Emisión total VOC (ton/año)

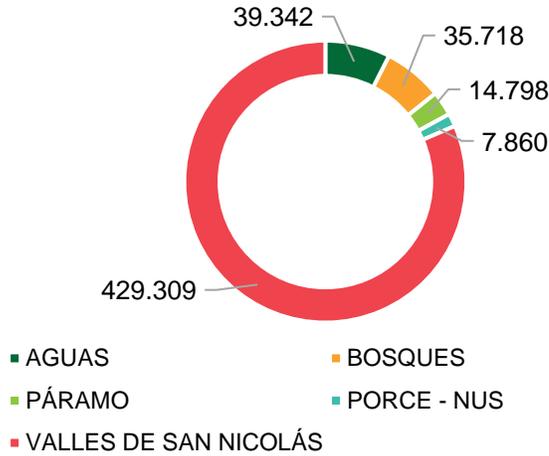


Figura 43. Emisión total de compuestos orgánicos volátiles por subregión de la corporación.

2.3.3. RELACIÓN DE VENTAS DE COMBUSTIBLES CON EMISIONES DE COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES POR SUBREGIÓN.

A. AGUAS

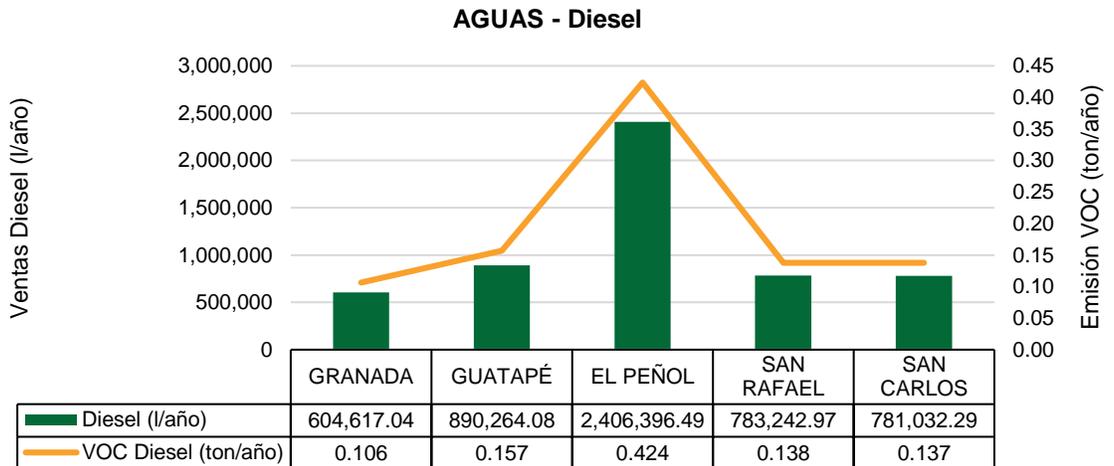


Figura 44. Emisión de VOC asociada a las ventas de Diesel en la subregión Aguas.

En la **Figura 44** se presenta en barras verdes las ventas de Diesel en l/año para la subregión Aguas por municipio; y en línea continua amarilla, las emisiones de compuestos orgánicos volátiles en ton/año para cada municipio de la subregión. En términos generales, debido a que el cálculo de la emisión de compuestos orgánicos volátiles depende de forma directa de la cantidad de combustible utilizado, se aprecia que las emisiones de VOC siguen el mismo comportamiento que las ventas de Diesel. Por otro lado, tanto el número de ventas del combustible en cuestión como las emisiones de VOC en el municipio de El Peñol son más elevadas en comparación con los municipios restante. Presentando una venta de Diesel de 2.406.39 litros para el año 2022 y una emisión de 0,424 toneladas de compuestos orgánicos volátiles para este mismo año. Lo anterior, se debe principalmente a la alta actividad turística que presenta este municipio, por lo cual todos los días cuenta con una población flotante considerable, haciendo que tanto las ventas de combustible Diesel como las emisiones sean más elevadas con respecto a los demás municipios de la subregión. Adicionalmente, tanto el municipio de San Rafael como el municipio de San Carlos presentan un número de ventas de Diesel muy similares, siendo un poco más bajas que las ventas generadas en Guatapé. Finalmente, el municipio que presenta menor número de ventas de Diesel y, por tanto, menores emisiones de VOC es Granada, con ventas de 604.617 l/año y emisiones de 0,106 ton/año.

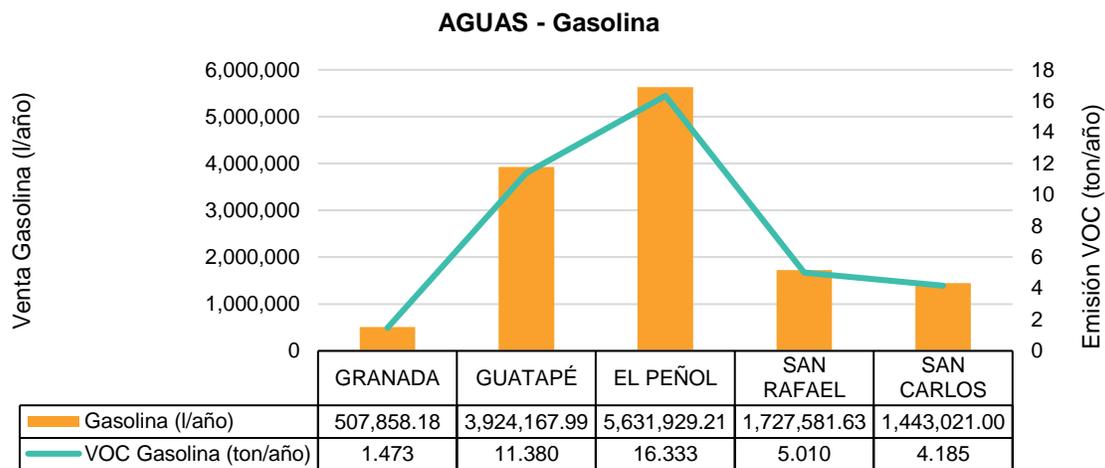


Figura 45. Emisión de VOC asociada a las ventas de gasolina en la subregión Aguas.

En la **Figura 45** se presenta en barras amarillas las ventas de gasolina en l/año para la subregión Aguas por municipio; y en línea continua azul, las emisiones de compuestos orgánicos volátiles en ton/año para cada municipio de la subregión. En términos generales, debido a que el cálculo de la emisión de compuestos orgánicos volátiles depende de forma directa de la cantidad de combustible utilizado, se aprecia que las emisiones de VOC siguen el mismo comportamiento que las ventas de gasolina, sin embargo, si se compara con la **Figura 44** es notable que las ventas de gasolina para todos los municipios, a excepción de

Granada, son mayores que las ventas de Diesel. Para el municipio de Guatapé, se evidencia, además, que las ventas de gasolina son particularmente más elevadas, haciendo que la barra esté a una altura un poco más similar a la barra del municipio de El Peñol. Esto se debe nuevamente a que tanto El Peñol como Guatapé son municipios que cuentan con un gran atractivo turístico, teniendo así una población flotante elevada, en donde la mayoría de los vehículos utilizan gasolina como combustible. Nuevamente, tanto el municipio de San Rafael como el municipio de San Carlos presentan un número de ventas de gasolina muy similares, siendo un poco más bajas las ventas en el municipio de San Carlos. Finalmente, el municipio que presenta menor número de ventas de gasolina y, por tanto, menores emisiones de VOC es Granada, con ventas de 507.858 l/año y emisiones de 1,47 ton/año. Se hace necesario recordar que las emisiones de VOC generadas por las ventas de gasolina son más elevadas, debido a que el factor de emisión para este combustible es mayor, con un valor de 2900 mg/l.

B. BOSQUES

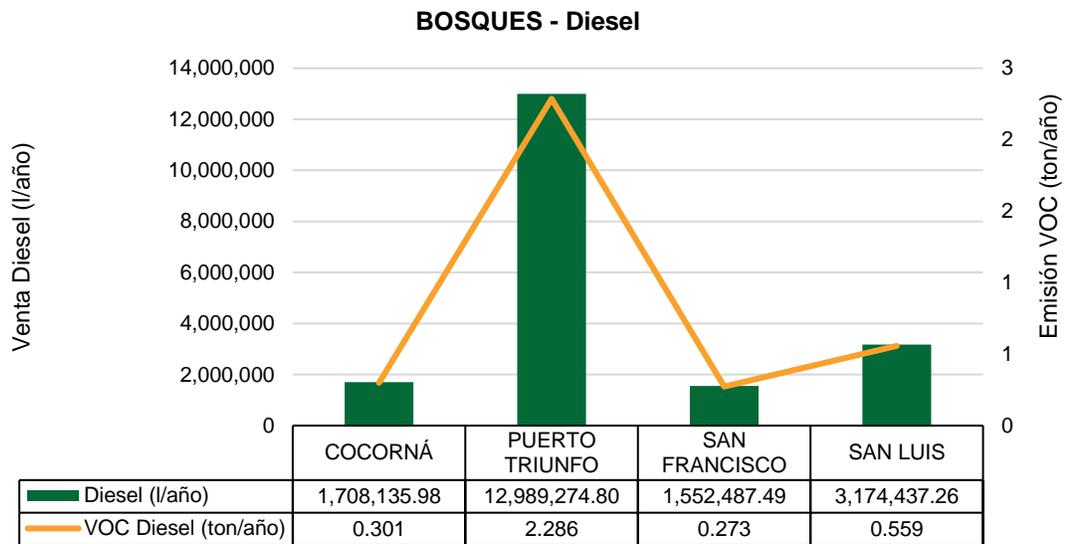


Figura 46. Emisión de VOC asociada a las ventas de Diesel en la subregión Bosques.

En la **Figura 46** se presenta en barras verdes las ventas de Diesel en l/año para la subregión Bosques por municipio; y en línea continua amarilla, las emisiones de compuestos orgánicos volátiles en ton/año para cada municipio de la subregión. En términos generales, debido a que el cálculo de la emisión de compuestos orgánicos volátiles depende de forma directa de la cantidad de combustible utilizado, se aprecia que las emisiones de VOC siguen el mismo comportamiento que las ventas de Diesel. Por otra parte, tanto el número de ventas de este combustible como las emisiones de VOC en el municipio de Puerto Triunfo son casi diez veces mayores en comparación con los municipios restantes. Presentando una venta de Diesel de 12.989.274 litros para el año 2022 y una

emisión de 2,286 toneladas de compuestos orgánicos volátiles para este mismo año. Lo anterior, se debe principalmente a que este municipio cuenta con la vía Puerto Triunfo – Puerto Nare, conectando al departamento con el noreste del país, por lo que las ventas de Diesel son altas debido al alto flujo de camiones que transportan productos entre el departamento de Antioquia y el noreste del país. Adicionalmente, tanto el municipio de Cocorná como el municipio de San Francisco presentan un número de ventas de Diesel muy similares, siendo un poco más bajas que las ventas generadas en San Francisco. Finalmente, el municipio que presenta menor número de ventas de Diesel y, por tanto, menores emisiones de VOC es San Francisco, con ventas de 1.552.487 l/año y emisiones de 0,273 ton/año.

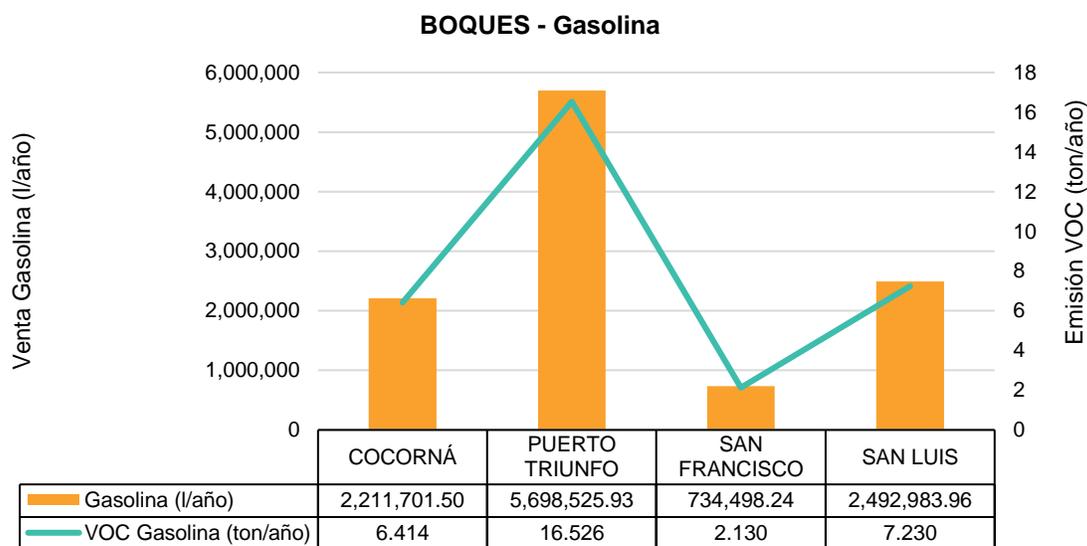


Figura 47. Emisión de VOC asociada a las ventas de gasolina en la subregión Bosques.

En la **Figura 47** se presenta en barras amarillas las ventas de gasolina en l/año para la subregión Bosques por municipio; y en línea continua azul, las emisiones de compuestos orgánicos volátiles en ton/año para cada municipio de la subregión. En términos generales, debido a que el cálculo de la emisión de compuestos orgánicos volátiles depende de forma directa de la cantidad de combustible utilizado, se aprecia que las emisiones de VOC siguen el mismo comportamiento que las ventas de gasolina, sin embargo, si se compara con la **Figura 46** las ventas de gasolina para todos los municipios, a excepción de Cocorná, son menores que las ventas de Diesel. Esto se debe a que el municipio de Cocorná es un poco más turístico por lo que los vehículos que circulan en este municipio son vehículos pequeños, mientras que los municipios restantes tienen mayor flujo de vehículos de carga pesada que son aquellos que utilizan comúnmente Diesel como combustible, debido a que cuentan con una vía que conecta al departamento de Antioquia con el nordeste del

país. Especialmente, el municipio de Puerto Triunfo muestra que las ventas de gasolina son aproximadamente la mitad de las ventas de Diesel. Nuevamente el municipio de San Francisco presenta menor número de ventas de gasolina y, por tanto, menores emisiones de VOC, con ventas de 734.498 l/año y emisiones de 2,130 ton/año.

C. PÁRAMO

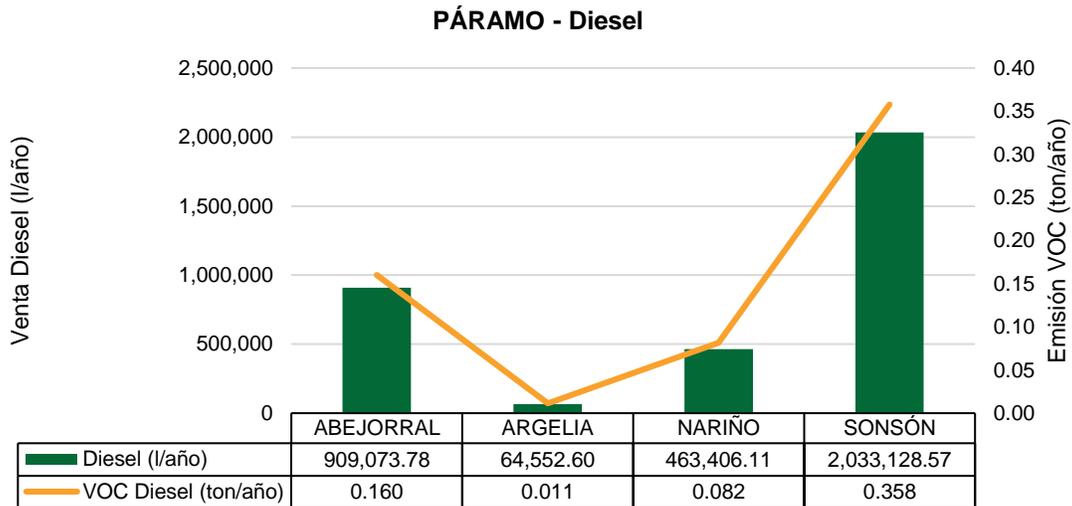


Figura 48. Emisión de VOC asociada a las ventas de Diesel en la subregión Páramo.

En la **Figura 48** se presenta en barras verdes las ventas de Diesel en l/año para la subregión Páramo por municipio; y en línea continua amarilla, las emisiones de compuestos orgánicos volátiles en ton/año para cada municipio de la subregión. En términos generales, debido a que el cálculo de la emisión de compuestos orgánicos volátiles depende de forma directa de la cantidad de combustible utilizado, se aprecia que las emisiones de VOC siguen el mismo comportamiento que las ventas de Diesel. Por otro lado, tanto el número de ventas de este combustible como las emisiones de VOC en el municipio de Sonsón son aproximadamente el doble de las ventas y emisiones de los municipios restantes, presentando una venta de Diesel de 2.033.128 litros para el año 2022 y una emisión de 0,358 toneladas de compuestos orgánicos volátiles para este mismo año. Lo anterior, se debe principalmente a que este municipio cuenta con la vía Sonsón – Nariño, conectando al departamento de Antioquia con el sureste del país, por lo que las ventas de Diesel son altas debido al alto flujo de vehículos de carga pesada que transportan productos entre el departamento de Antioquia y el sureste del país. Además, una de las principales actividades económicas de este municipio es la extracción de minerales no metálicos, por lo que se utilizan vehículos de carga pesada para transportar estos minerales al resto del país. Los

tres municipios restantes presentan ventas de Diesel por debajo de 1.000.000 de litros al año, siendo Argelia, el municipio que presenta menor número de ventas de Diesel y, por tanto, menores emisiones de VOC, con ventas de 64.552 l/año y emisiones de 0,011 ton/año.

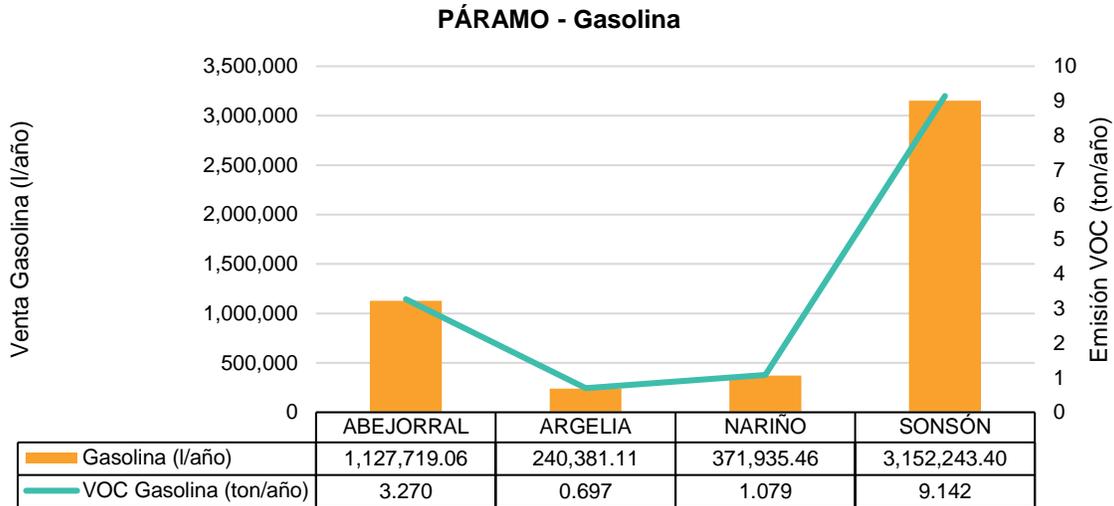


Figura 49. Emisión de VOC asociada a las ventas de gasolina en la subregión Páramo.

En la **Figura 49** se presenta en barras amarillas las ventas de gasolina en l/año para la subregión Páramo por municipio; y en línea continua azul, las emisiones de compuestos orgánicos volátiles en ton/año para cada municipio de la subregión. En términos generales, debido a que el cálculo de la emisión de compuestos orgánicos volátiles depende de forma directa de la cantidad de combustible utilizado, se aprecia que las emisiones de VOC siguen el mismo comportamiento que las ventas de gasolina, sin embargo, si se compara con la **Figura 48**, las ventas de gasolina para todos los municipios, a excepción de Nariño, son mayores que las ventas de Diesel. Nuevamente el municipio de Sonsón presenta el mayor número de ventas de gasolina, esto debido a que este municipio presenta mayor densidad poblacional y además conecta los municipios del oriente antioqueño pertenecientes a la subregión Valles de San Nicolás con el sur del país y principalmente con Bogotá. Finalmente, Argelia presenta menor número de ventas de gasolina y, por tanto, menores emisiones de VOC, con ventas de 240.381 l/año y emisiones de 0,697 ton/año.

D. PORCE-NUS

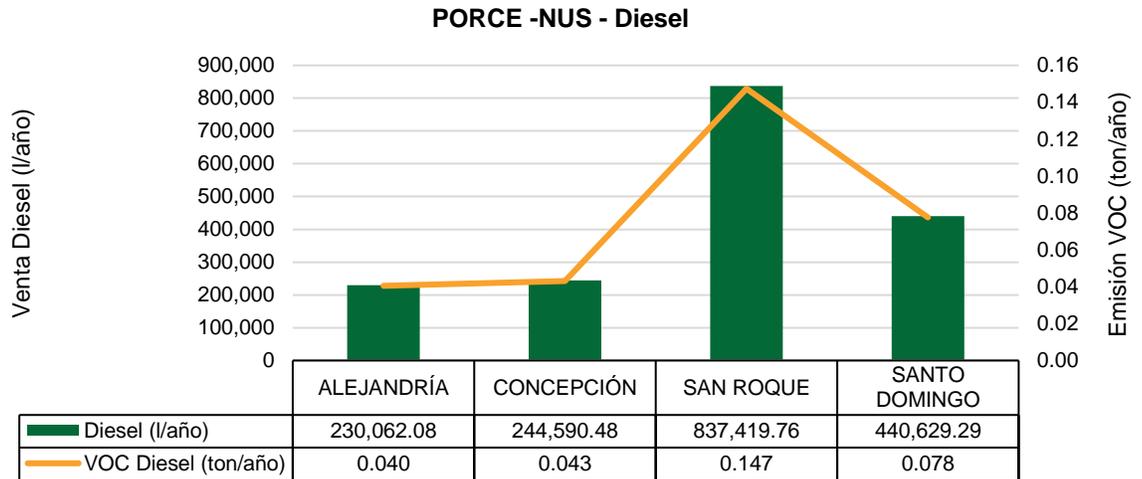


Figura 50. Emisión de VOC asociada a las ventas de Diesel en la subregión Porce-Nus.

En la **Figura 50** se presenta en barras verdes las ventas de Diesel en l/año para la subregión Porce-Nus por municipio; y en línea continua amarilla, las emisiones de compuestos orgánicos volátiles en ton/año para cada municipio de la subregión. En términos generales, debido a que el cálculo de la emisión de compuestos orgánicos volátiles depende de forma directa de la cantidad de combustible utilizado, se aprecia que las emisiones de VOC siguen el mismo comportamiento que las ventas de Diesel. Por otro lado, tanto el número de ventas de este combustible como las emisiones de VOC en el municipio de San Roque son más elevadas en comparación con los municipios restantes. Presentando una venta de Diesel de 837.419 litros para el año 2022 y una emisión de 0,147 toneladas de compuestos orgánicos volátiles para este mismo año. Lo anterior, se debe principalmente a que este municipio cuenta con la vía San Roque que conecta con las vías del Nus, la cual es una conexión del departamento de Antioquia con el Noreste del país, por lo que las ventas de Diesel son altas debido al alto flujo de vehículos de carga pesada que transportan productos entre el departamento de Antioquia y el noreste del país. Los tres municipios restantes presentan ventas de Diesel por debajo de 500.000 de litros al año, siendo Alejandría, el municipio que presenta menor número de ventas de Diesel y, por tanto, menores emisiones de VOC, con ventas de 230.062 l/año y emisiones de 0,040 ton/año.

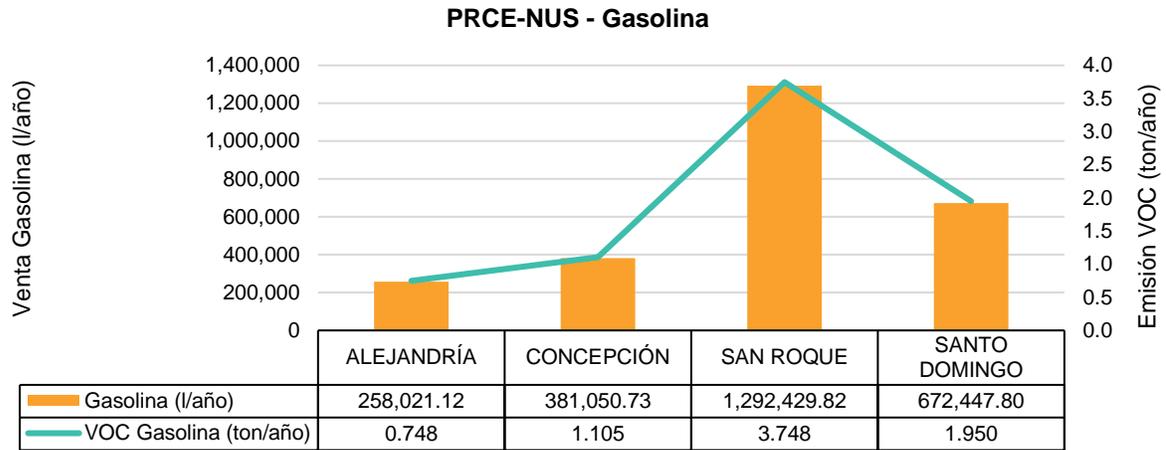


Figura 51. Emisión de VOC asociada a las ventas de gasolina en la subregión Porce-Nus.

En la **Figura 51** se presenta en barras amarillas las ventas de gasolina en l/año para la subregión Porce-Nus por municipio; y en línea continua azul, las emisiones de compuestos orgánicos volátiles en ton/año para cada municipio de la subregión. En términos generales, debido a que el cálculo de la emisión de compuestos orgánicos volátiles depende de forma directa de la cantidad de combustible utilizado, se aprecia que las emisiones de VOC siguen el mismo comportamiento que las ventas de gasolina, sin embargo, si se compara con la **Figura 50** las ventas de gasolina para todos los municipios son mayores que las ventas de Diesel. Nuevamente el municipio de San Roque presenta la mayor cantidad de ventas de combustible, en este caso de gasolina, vendiendo 1.292.429 en el año 2022, mientras que, al igual que para el Diesel, el municipio de Alejandría es el que presenta menor cantidad de litros de gasolina vendidos, con un total de 258.021 litros en 2022, emitiendo para este mismo año 0,748 toneladas de compuestos orgánicos volátiles.

E. VALLES DE SAN NICOLÁS

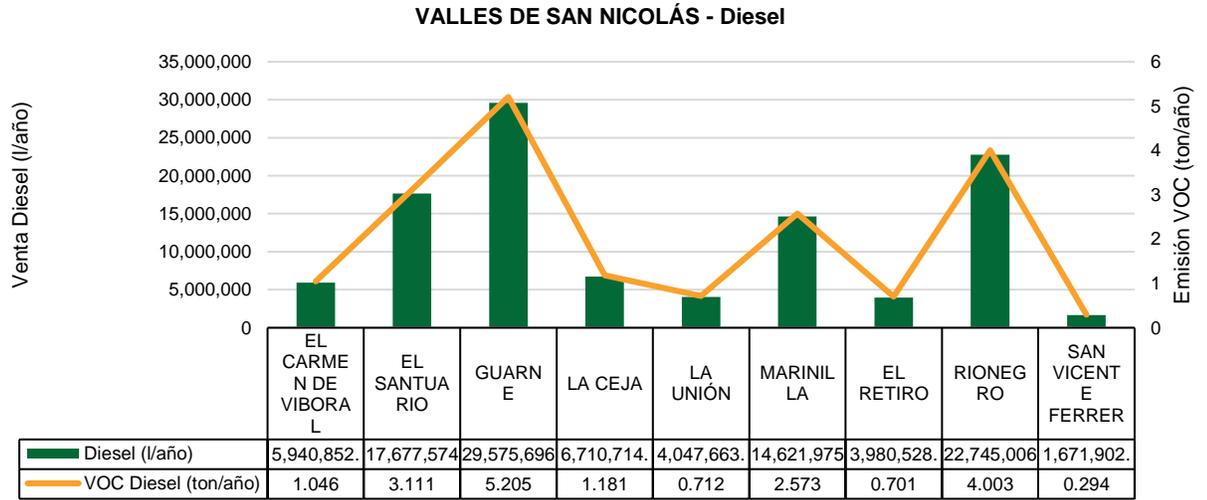


Figura 52. Emisión de VOC asociada a las ventas de Diesel en la subregión Valles de San Nicolás.

En la **Figura 52** se observa que el municipio de Guarne presenta la mayor cantidad de litros vendidos de Diesel, con un total de 29.575.696 litros para el año 2022, por lo cual, para este mismo año, tuvo una emisión de 5,205 toneladas de compuestos orgánicos volátiles a la atmósfera. Esto debido a que la autopista Medellín – Bogotá atraviesa todo el municipio, por lo cual, la cantidad de vehículos que circulan por el municipio es mayor en comparación con los municipios restantes, especialmente los vehículos de carga pesada que transportan productos desde Medellín hacia Bogotá o viceversa. Por el contrario, el municipio de San Vicente Ferrer presenta el número de litros de Diesel vendidos más bajo de la subregión, con un total de 1.671.902 litros para el año 2022 y una emisión a la atmósfera de compuestos orgánicos volátiles de 0,294 toneladas para el 2022.

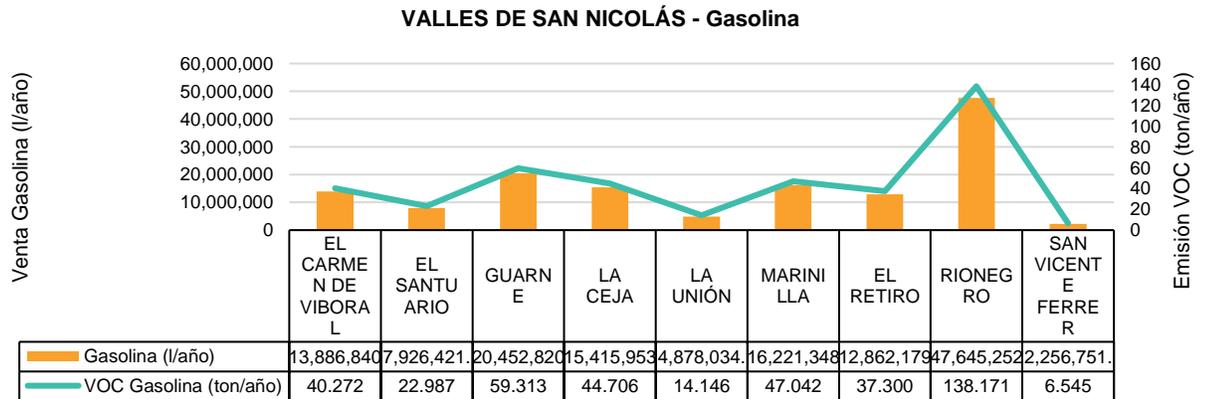


Figura 53. Emisión de VOC asociada a las ventas de gasolina en la subregión Valles de San Nicolás.

En la **Figura 53** es posible observar que es Rionegro el municipio que presenta el mayor número de litros vendidos de gasolina en la subregión, con un total de 47.645.252 litros para el año 2022, emitiendo entonces, 138,171 toneladas de compuesto orgánicos volátiles a la atmósfera para este mismo año. Esto se debe a que Rionegro es el municipio de la subregión que presenta una mayor densidad poblacional, por lo que hay mayor circulación de vehículos de carga ligera que utilizan gasolina como combustible. Por el contrario, es el municipio de San Vicente Ferrer el que nuevamente presenta la menor cantidad de litros de gasolina vendidos de la subregión, con un total de 2.256.751 litros para el año 2022, asimismo, es el municipio con menos emisiones de compuestos orgánicos volátiles, emitiendo un total de 6,545 toneladas a la atmósfera para en 2022. De forma general, se puede notar que la demanda de gasolina para esta subregión es mayor en comparación con la demanda de Diesel.

2.4 FUENTES MÓVILES

2.4.1. Emisiones de contaminantes

Los contaminantes objeto de análisis fueron definidos a partir del marco normativo del país y los preestablecidos en el modelo aplicado, agrupándolos como contaminantes criterio, tóxicos y climáticos. Los resultados y análisis se muestran para cada una de las vías.

Se estima que alrededor del 82% de las emisiones totales de contaminantes criterio son de óxidos de nitrógeno (NO_x), el 16% de monóxido de carbono (CO) y el 2% de Compuestos orgánicos volátiles (VOC), en menor proporción se encuentra el material particulado (PM) y óxidos de azufre (SO_x) con aportes menores y cercanos al 1% de la emisión total regional estimada.

Además, se estima que para el año 2021 la vía GUARNE-TE DE AEROPUERTO emitió cerca del 80% de las emisiones totales estimadas para todas las vías, seguido por la vía TE DE AEROPUERTO-MARINILLA con una proporción similar a la anterior de la emisión total. En la **Tabla 31** y la **Figura 54** se muestran las estimaciones totales por contaminante criterio de las vías que hacen parte de la Corporación, donde se registró una emisión total de 2.551,664 ton/año para PM, 182.165,981 ton/año de NO_x , 165,882 ton/año de SO_x , 36.647,396 ton/año de CO y 50.76,698 ton/año de VOC.

Tabla 31. Emisiones totales en ton/año para los Contaminantes criterio por vía

VÍAS	PM	NOx	SOx	CO	VOC Total.
ACEVEDO-GUARNE	425.691	32232.356	27.477	6052.354	706.342
GUARNE-TE DE AEROPUERTO	570.197	41754.491	35.622	8106.502	916.282
LAS PALMAS-RIONEGRO	5.601	4100.352	3.338	147.708	72.701
MARINILLA-RIONEGRO	34.679	5769.827	4.821	538.815	113.400
MARINILLA-SANTUARIO	363.821	29237.618	24.936	5159.019	646.304
MEDELLIN-LAS PALMAS	21.046	9501.502	7.769	441.875	170.535
PALMAS-ESCOBERO	23.288	8551.932	6.996	454.151	152.640
SANTUARIO-LA PIÑUELA	580.577	9471.767	19.550	8232.257	1398.086
TE AEROPUERTO-MARINILLA	526.764	41546.137	35.372	7514.715	900.408
Emission Total	2551.664	182165.981	165.882	36647.396	5076.698
	1	80	0.1	16	2

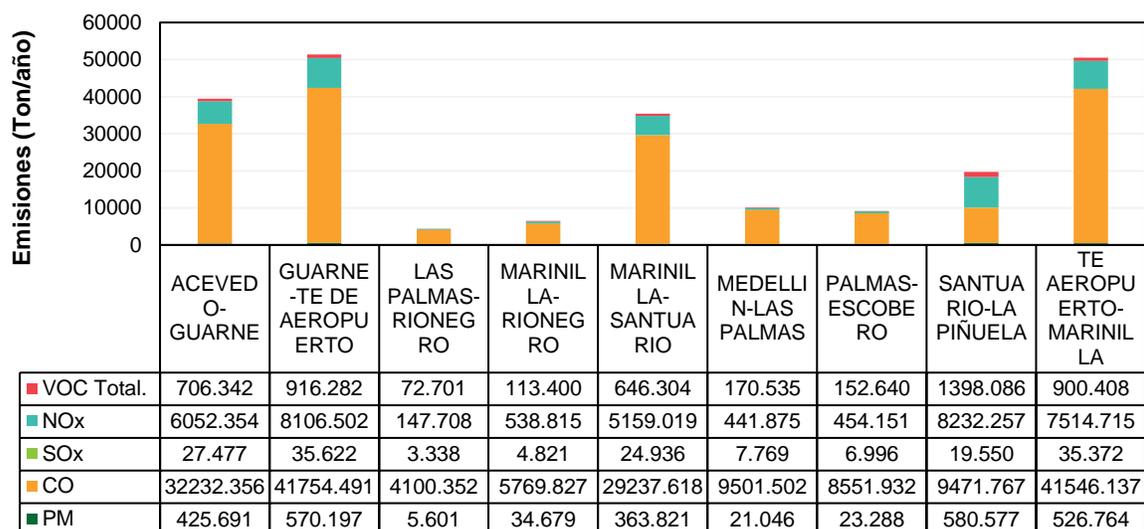


Figura 54. Emisiones de contaminantes criterio por vía

Se estima que la emisión total de contaminantes tóxicos como se muestra en la **Tabla 32**, se compone principalmente de Amoníaco (NH_3) con una proporción total del 72%, seguido por formaldehidos y Acetaldehídos con proporciones del 16% y 6% respectivamente, la proporción de las emisiones del Benceno fueron del 4%, y del 1,3 Butadieno fue del 2%.

La magnitud de las emisiones está dada por el tamaño del parque automotor y la composición de la flota vehicular, como se observa en la **Tabla 32** y la **Figura 55**, la mayor

cantidad de emisiones se presentó en las vías de GUARNE-TE DE AEROPUERTO y TE AEROPUERTO-MARINILLA. Las fuentes móviles producen estas sustancias tóxicas a través de las emisiones de tubo de escape, la evaporación del motor, el sistema de combustible y su reabastecimiento, la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA) estima que el 50% de las emisiones tóxicas del aire provienen de fuentes móviles.

Tabla 32. Emisiones totales en ton/año para contaminantes tóxicos

VÍAS	1,3 butadieno	Acetaldehídos	Formaldehidos	NH3	Benceno
ACEVEDO-GUARNE	4.145	9.693	25.690	133.908	6.154
GUARNE-TE DE AEROPUERTO	5.385	12.672	33.598	173.521	8.005
LAS PALMAS-RIONEGRO	0.488	0.958	2.517	17.258	0.569
MARINILLA-RIONEGRO	0.711	1.501	3.957	24.191	0.933
MARINILLA-SANTUARIO	3.745	8.647	22.904	121.261	5.603
MEDELLIN-LAS PALMAS	1.138	2.268	5.961	40.004	1.347
PALMAS-ESCOBERO	1.027	2.068	5.437	36.042	1.211
SANTUARIO-LA PIÑUELA	3.881	13.391	36.046	53.083	12.382
TE AEROPUERTO-MARINILLA	5.328	12.377	32.794	172.854	7.815
Emision Total	25.848	63.575	168.906	772.123	44.019
	2 (%)	6 (%)	16 (%)	72 (%)	4 (%)

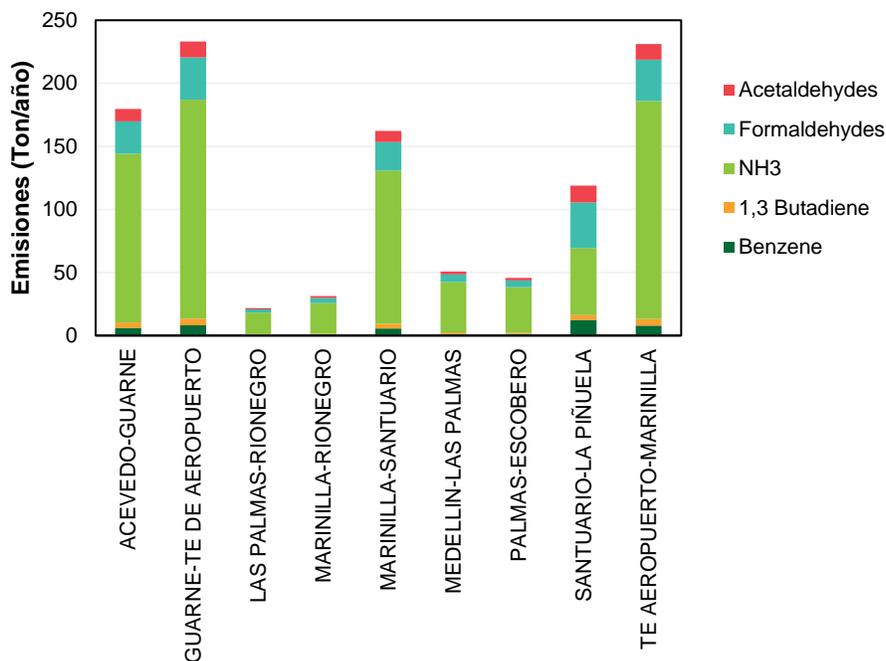


Figura 55. Emisiones de contaminantes tóxicos por vía

Desde el punto de vista climático, para el año 2021 se estima que las emisiones de gases de efecto invernadero por fuentes móviles para todas las vías totalizan 2.824.967,050 toneladas equivalentes de dióxido de carbono (CO₂ eq.). Se estima que las emisiones de Metano (CH₄) y Óxido nitroso (N₂O) totalizaron 158,199 ton/año de CH₄ y 264,453 ton/año de NO₂ como se muestra en la **Tabla 33**.

Tabla 33. Emisiones totales en ton/año para contaminantes climáticos

VÍAS	CO ₂	N ₂ O	CH ₄	CO ₂ eq
ACEVEDO-GUARNE	449734.961	26.416	44.822	458727.460
GUARNE-TE DE AEROPUERTO	593043.645	34.201	57.733	604678.967
LAS PALMAS-RIONEGRO	32493.298	3.300	6.342	33635.333
MARINILLA-RIONEGRO	59107.349	4.716	8.620	60728.322
MARINILLA-SANTUARIO	395156.106	24.042	41.198	403350.513
MEDELLIN-LAS PALMAS	79335.729	7.664	14.579	81984.214
PALMAS-ESCOBERO	73621.894	6.888	13.010	75999.781
SANTUARIO-LA PIÑUELA	520036.483	17.328	20.104	525702.819
TE AEROPUERTO-MARINILLA	568563.766	34.043	58.045	580159.641

VÍAS	CO ₂	N ₂ O	CH ₄	CO ₂ eq
Emision Total	2771093.232	158.599	264.453	2824967.050
	50%	0.0028%	0.0047%	50%

Según la **Figura 56** los vehículos que funcionan con motores a gasolina (*petrol*) representan el mayor aporte de las emisiones totales de Gases Efecto Invernadero (GEI) estimadas para el año 2021 en todas las vías con el 51%, seguido del diesel con el 49%.

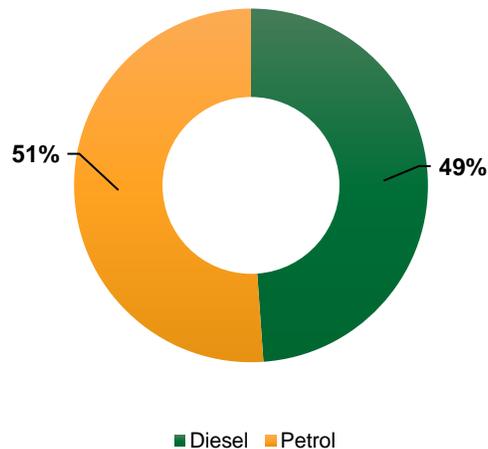


Figura 56. Emisiones de CO₂ eq por tipo de combustible

3 CONCLUSIONES

3.1 FUENTES FIJAS PUNTUALES

De forma general, se tiene que la subregión de Valles de San Nicolás posee el mayor número de fuentes fijas puntuales con 408 fuentes dentro de su jurisdicción, asimismo, esta subregión presenta los niveles más elevados de emisión de contaminantes criterio, con un total de 12.128,32 ton/año, emitiendo en su mayoría compuestos orgánicos volátiles en los municipios de Marinilla, Rionegro y Guarne. Mientras que, en la subregión de Bosques se ubican 109 fuentes puntuales, con una emisión de 6.891,87 ton/año, de las cuales, la mayor parte se asocia a dióxidos de azufre en el municipio de Sonsón. Por otra parte, las subregiones de Páramo y Porce -Nus contaban con un número menos significativo de fuentes fijas puntuales y de emisiones de contaminantes criterio.

Con relación a los sectores productivos, se tiene que para Valles de San Nicolás, el sector productivo con mayores emisiones de contaminante criterio es el sector textil (TXT), emitiendo mayormente compuestos orgánicos volátiles. Por otro lado, para la subregión Bosques, el sector productivo que presenta los niveles más elevados de contaminantes criterio es el sector de Cerámicos, Vítreos y Ladrilleras (CVL), el cual, emite mayormente dióxido de azufre y material particulado.

En cuanto a los equipos emisores que poseen las emisiones más elevadas de contaminantes criterio son los hornos para la subregión Bosques, en los cuales se presentan altas descargas de dióxido de azufre a la atmósfera; y los equipos que no cuentan con una clasificación y que se ubican en la subregión de Valles de San Nicolás, en los que se presentan aportes elevados de compuestos orgánicos volátiles a la atmósfera.

Por lo anterior, es recomendable la implementación de estrategias que estén dirigidas a realizar una adecuada gestión del recurso aire y que permita mitigar las emisiones, tanto de contaminantes criterio como de gases de efecto invernadero, que se generan por las actividades industriales dentro de la jurisdicción de la Corporación, especialmente en los sectores productivos dedicados a la producción textil y de cerámicos, vítreos y ladrilleras.

3.2 FUENTES FIJAS DE ÁREA

Dado que las emisiones de compuestos orgánicos volátiles dependen directamente de las ventas de combustible, los municipios que registran mayores volúmenes de ventas, como Rionegro, El Peñol, Puerto Triunfo, Sonsón y San Roque, son aquellos que generan mayores emisiones de compuestos orgánicos volátiles a la atmósfera. Esta tendencia se atribuye principalmente al desarrollo económico de estos municipios. En particular, Rionegro resalta como el municipio con el mayor desarrollo industrial y la mayor densidad poblacional, lo que resulta en aportes significativamente mayores de compuestos orgánicos volátiles a la atmósfera en comparación con otros municipios que se ubican dentro de la jurisdicción de CORNARE.

3.3 FUENTES FIJAS DIFUSAS

Después de la revisión de expedientes de las fuentes fijas dispersas o difusas y revisión de base de datos entregada por Cornare, se identificaron 19 empresas en Valles de San Nicolás, 6 en Bosques, 12 en Páramo, 1 en Porce-Nus y 2 en Aguas. En donde según la distribución por municipios se muestra una mayor concentración en Sonsón y La Unión.

Para la clasificación minera, Valles de San Nicolás tiene el mayor registro de actividad minera, principalmente en materiales de construcción (69%) y en Páramo predominan los minerales no metálicos como mármol, arcillas y caliza (46%), reflejando así la diversidad y concentración de estas actividades en la región. En la categorización por sectores

productivos, se identifica una mayor presencia en Cerámicos, Vítreos y Ladrilleras (CVL) con 24 empresas. De esta manera, Valles de San Nicolás cuenta con la cantidad más alta de empresas para el sector productivo de Derivados del Petróleo (ASF).

Respecto a las emisiones de material particulado, se estimaron emisiones totales de PM2.5, PM10 y TSP para 38 empresas, calculadas en toneladas por año, evidenciando que la estimación detallada solo se logró para el 37% de estas, siendo la subregión de Páramo la que concentra la mayor cantidad de emisiones, seguida de Valles de San Nicolás, debido a las actividades industriales en cerámica, manejo de triturados y otros sectores productivos.

En consecuencia, se hace énfasis en la importancia de adoptar medidas para reducir la contaminación del material particulado en la región, especialmente en municipios como Sonsón, Rionegro y Puerto Triunfo, donde las actividades industriales están relacionadas a niveles más altos de emisiones, a pesar de que, en Puerto Triunfo y Rionegro, se tenga un menor número de empresas.

La evaluación y aplicación de sistemas de control de emisiones son necesarios para mitigar el impacto en la atmósfera y la salud pública, especialmente en áreas con concentraciones significativas de empresas. Finalmente, se destaca la importancia de considerar otras fuentes de contaminación, como vehículos en vías no pavimentadas, que contribuyen al incremento de las emisiones de material particulado.

3.4 FUENTES MÓVILES

4 DESCRIPCIÓN DE ANEXOS

4.1 BD_CC_CORNARE

En la base de datos se entrega el resultado de aplicar la metodología propuesta para la verificación de bases de datos de cámara de comercio de los municipios pertenecientes a la jurisdicción de CORNARE para la identificación de fuentes fijas. En esta a partir de las bases de datos crudas entregadas por las cámaras de comercio se llegó hasta las empresas con probabilidad de poseer fuente fija y que serán verificadas en los recorridos de campo. En las pestañas se tiene la información de las convenciones utilizadas, las actividades económicas con la asignación de probabilidad y una hoja para cada municipio de la Corporación con las empresas resultantes de la filtración.

Además, se pueden observar las consideraciones de filtración como lo son que se tuvieron en cuenta las empresas que el estado de la matrícula este activa en las cámaras de

comercio y no se analizaron las empresas con organización de persona natural y empresa unipersonal.

4.2 BD_IEMISIONES_CORNARE

Este anexo hace referencia a un libro de Excel en donde se registra la información consolidada de fuentes fijas, este documento contiene las siguientes pestañas: el cual contiene las siguientes pestañas:

3.2.1. InformaciónBaseEmpresas

En esta pestaña se registra la información general relacionada a cada empresa a incluir dentro del inventario. Entre esta información se encuentra la ubicación de la empresa, los datos de contacto, las fuentes fijas con las que cuenta y finalmente una columna con observaciones en donde se especifica si se encontró o no información sobre las fuentes a evaluar y la justificación.

3.2.2. EmisionesFFP (kg-h)

En esta pestaña se encuentran todas las fuentes puntuales evaluadas, a las cuales se les realizó la revisión de informes isocinéticos que reposaban en las bases de datos de la Corporación. Además, se encuentran las emisiones calculadas por factores de emisión y las emisiones registradas en las mediciones directas registradas en los informes isocinéticos.

Se aclara que las empresas que se encuentran resaltadas en amarillo son aquellas cuyas emisiones fueron calculadas por medio de factores de emisión, mientras que las que se encuentran resaltadas en verde, al no poder estimar las emisiones por factores de emisión se tomó el dato registrado en las mediciones directas y finalmente, las empresas resaltadas en naranja son aquellas a las que no fue posible estimar las emisiones de contaminantes debido a falta de información.

3.2.3. FactoresE_FFP

En esta pestaña se encuentra el listado de los factores de emisión establecidos en la AP42- (EPA, 1995) y en el *EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook* (EEA, 2019) que se utilizaron para la estimación de emisiones por factores de emisión.

3.2.4. Emisiones (ton-año)

Esta pestaña contiene las emisiones de fuentes fijas puntuales calculadas en la pestaña “EmisionesFFP (kg-h)” en Mg/año. Además, presenta las emisiones totales de los contaminantes criterios y de los gases de efecto invernadero.

3.2.5. Analisis Fuentes_Sectores

En esta pestaña se presentan los análisis realizados por sectores productivos y tipos de fuentes. Entre estos análisis se encuentran tablas y gráficos dinámicos realizados para ser incluidos en el presente informe.

3.2.6. FactoresE_FFE

En esta pestaña se encuentra el listado de los factores de emisión establecidos en la AP42- (EPA, 1995) y en el *EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook* (EEA, 2019) que se utilizaron para la estimación de emisiones por factores de emisión para aquellas fuentes que tenían emisiones de compuestos orgánicos volátiles totales.

3.2.7. EmisionesFFD

En esta pestaña se presentan las empresas que cuentan con fuentes fijas difusas y sus emisiones estimadas por medio de factores de emisión.

3.2.8. FactoresEmisiónFFD

En esta pestaña se encuentra el listado de los factores de emisión establecidos en la AP42- (EPA, 1995) y en el *EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook* (EEA, 2019) que se utilizaron para la estimación de emisiones por factores de emisión para las fuentes fijas difusas.

3.2.9. FactoresE_EDS

Esta pestaña presenta el listado de los factores de emisión establecidos en la AP42- (EPA, 1995) y en el *EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook* (EEA, 2019) que se utilizaron para la estimación de emisiones por factores de emisión para las fuentes fijas de área, específicamente las estaciones de servicio de combustible.

3.2.10. EmisionesEDS

En esta pestaña se presentan las estimaciones de las emisiones generadas por las estaciones de servicio de combustible calculadas por medio de factores de emisión.

5 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMVA & UPB. (2016). *Actualización del Inventario de Emisiones Atmosféricas del Valle de Aburrá 2016 - área Metropolitana del Valle de Aburrá*. Medellín.
- CHAVES C., B., & JARAMILLO R., A. (1998). Regionalización de la temperatura del aire en Colombia. *Cenicafé* 49(3):224-230. 1998., 227.
- EEA. (17 de Octubre de 2019). *EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2019*. Obtenido de <https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2019>
- EPA . (7 de Junio de 2023). *Emisiones de dióxido de carbono - Environmental Protection Agency*. Obtenido de <https://espanol.epa.gov/la-energia-y-el-medioambiente/emisiones-de-dioxido-de-carbono>
- EPA. (1995). *AP - 42 Vol. I Introduction*. Obtenido de <https://www.epa.gov/sites/default/files/2020-09/documents/c00s00.pdf>
- Gaitán, M., & Cárdenas, P. A. (2017). *Guía para la elaboración de inventarios de emisiones atmosféricas [Recurso electrónico]*. Bogotá, D.C: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Obtenido de https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2022/03/GUIA_PARA_LA_ELABORACION_DE_INVENTARIOS_DE_EMISIONES_ATMOSFERICAS.pdf
- ISSRC . (2008). *IVE Model Users Manual*. La Habra, CA: Version 2.0.
- Unidad de Planeación Minero Energética (UPME). (s.f.). *Unidad de Planeación Minero Energética ¿Quiénes somos?* Obtenido de <https://www1.upme.gov.co/Entornoinstitucional>
- United States Environmental Protection Agency (US EPA). (Julio de 2008). *5.2 Transportation And Marketing Of Petroleum Liquids*. Obtenido de https://www.epa.gov/sites/default/files/2020-09/documents/5.2_transportation_and_marketing_of_petroleum_liquids.pdf
- United States Environmental Protection Agency. (1998). AP 42 11.9 Western Surface Coal Mining. En *AP-42: Compilation of Air Emissions Factors* (pág. 5).

United States Environmental Protection Agency. (2006). 13.2.4 Aggregate Handling And Storage Piles. En *AP-42: Compilation of Air Emissions Factors* (pág. 4).

United States Environmental Protection Agency. (2006). AP-42 Section 11.19.2 Crushed Stone Processing and Pulverized Mineral. En *AP-42: Compilation of Air Emissions Factors* (pág. 6).

United States Environmental Protection Agency. (2006). Section 13.2.2 Unpaved Roads. En *AP-42: Compilation of Air Emissions Factors* (págs. 4-5).

United States Environmental Protection Agency. (2011). AP42 Section 11.12 Concrete Batching. En *AP-42: Compilation of Air Emissions Factors* (pág. 4).

US EPA . (Mayo de 2023). *EPA United States Environmental Protection Agency. AP-42: Compilation of Air Emissions Factors*. Obtenido de <https://www.epa.gov/air-emissions-factors-and-quantification/ap-42-compilation-air-emissions-factors>